BIBLIOTECA NACIONAL DE MADRID
201
32 C
3

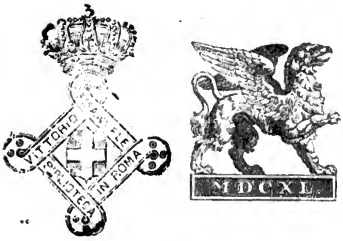
Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.



BIBLIOTECA NAZ.
ROMA
VITTORIO EMANUELE

Stuttgart und **Tübingen.**

J. G. Cotta'scher Verlag.

1847.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

Digitized by Google

Physiologische Briefe.

Erste Abtheilung.

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.

Erste Abtheilung.

BIBLIOTECA HAZ.
ROMA
VITTORIO EMANUELE

Stuttgart und Tübingen.

J. G. Cotta'scher Verlag.

1845.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

Inhalt.

		Seite
Einleitung		1
1. Brief.	Der Kreislauf des Blutes	10
2. „	Das Blut, die Lymphe und der Chylus	28
3. „	Die Verdauung	42
4. „	Nahrungsmittel	59
5. „	Die Athmung	75
6. „	Die Absonderung	92
7. „	Die Auffaugung	111
8. „	Die thierische Wärme	127
9. „	Das Nervensystem	145
10. „	Die Funktionen der Nerven	160
11. „	Die Centraltheile des Nervensystemes	181
12. „	Nervenkraft und Seelenthätigkeit	201
13. „	Das Auge	214
14. „	Die übrigen Sinne	239
15. „	Die Bewegungen	250
16. „	Die Stimme und Sprache	268
17. „	Das Geschlecht	281
18. „	Die Zeugung der Thiere	300
19. „	Die Zeugung des Menschen	319
20. „	Das Ei im Eileiter. Die Zellenbildung	329
21. „	Das Ei und seine Hüllen in der Gebärmutter	349
22. „	Der Embryo, seine Uranlagen und sein Nervensystem	370
23. „	Die Sinnesorgane	387
24. „	Das Skelett	401
25. „	Die Eingeweide	418
26. „	Das Blutgefäßsystem	432
27. „	Allgemeine Uebersicht	450
28. „	Die Mißbildungen	466
29. „	Der Umlauf des Lebens	479

BIBLIOTECA MAX PLANCK FLORIDA

Ein eigener Geist weht durch die Naturforschung unserer Tage. Wer so das Leben und Treiben innerhalb des großen Bienenhauses in der Nähe ansieht, der erstaunt ob des geschäftigen Brummens, des rastlosen Eifers der Arbeitenden, wie sie Honig und Wachs von allen Seiten herzutragen, einander drängen und stoßen, oft sogar sich gegenseitig ereifern und den Platz streitig machen. Dort erobert sich Einer eine Zelle, die er allein ausbauen will; hier führen ein paar Andere gemeinschaftlich ein Stück Wabe aus; diese schwitzen als Handlanger, jene ordnen als Baumeister, und nirgends scheint noch für kommende Kräfte Raum. Und die Hälfte der Zellen sind schadhaft, die einen unausgebaut, die anderen verlassen, jene wieder übermäßig ausgedehnt und der Beschauer mit Loupe und Vergrößerungsglas verliert sich unter den Einzelheiten all; er weiß nicht wohin das Gewirre und Getreibe führen soll und geht kopfschüttelnd von dannen. In einiger Entfernung aber dreht er noch einmal sich um und nun gewahrt er die künstliche Anordnung der Waben, die sinnige Benutzung des angewiesenen Platzes, die regelrechte Verfolgung eines gewissen, vorgesteckten Planes. In ähnlicher Weise treiben die Naturwissenschaften vorwärts. Anhäufung unendlichen Materials von allen Seiten her und Anerkennung dieses Strebens nach Mehrung unserer positiven Kenntnisse bilden den wesentlichen Theil der Förderungen, welche sie erhalten; aber gewisse Zielpunkte geben sich überall kund, nach welchen man strebt, um welche man, als Centren, die Massen zu gruppiren sucht. Gerade das Aufstecken solcher Zielpunkte, das Ordnen der neu zu beginnenden Untersuchung ist es, welches das naturwissenschaftliche Streben unserer Zeit auszeichnet, und es kann

nur der Ausdruck einer allgemein verbreiteten Ueberzeugung seyn, wenn ein berühmter Chemiker sagt: „Jede naturwissenschaftliche Arbeit, welche einigermaßen den Stempel der Vollendung an sich trägt, läßt sich im Resultate in wenig Worten wiedergeben. Allein diese wenigen Worte sind unvergängliche Thatsachen, zu deren Auffindung zahllose Versuche und Fragen erforderlich waren; die Arbeiten selbst, die mühsamen Versuche und verwickelten Apparate fallen der Vergessenheit anheim, sobald nur die Wahrheit ermittelt ist; es sind die Leitern, die Schachte und Werkzeuge, welche nicht entbehrt werden konnten, um zu dem reichen Erzgange zu gelangen; es sind die Stollen und Luftzüge, welche die Gruben von Wassern und bösen Wettern frei halten. Eine jede, auch die kleinste Arbeit, wenn sie auf Beachtung Ansprüche macht, muß heut zu Tage diesen Charakter an sich tragen; aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen muß ein Schluß, gleichgültig, ob er viel oder wenig umfasse, gezogen werden können."

Sind wir in der Physiologie so weit gekommen, daß wir diese Worte auch auf uns anwenden können? Haben wir die Gesetze des Lebens so weit erforscht, daß wir sagen können, wir besitzen sichere Resultate? Die Antwort auf eine solche Frage ist schwer. Bejahung könnte für Uebermuth, Verneinung für Mißachtung des Geschehenen gehalten werden.

Die Aufgabe der Physiologie ist verwickelter, als die irgend einer andern Wissenschaft. Ist ja doch der Organismus an sich, sey er nun pflanzlich oder thierisch, und vor Allem der letztere das Meisterstück des schöpferischen Gedankens, und seine Existenz, sein Leben nur durch das Zusammenwirken der mannichfachsten Kräfte möglich. Die kunstreiche Anordnung des menschlichen Körpers im Aeußern wie im Innern, die Menge der verschiedenen Organe, welche wir an ihm sehen, das harmonische Ineinandergreifen seiner Muskeln, Gefäße und Nerven erscheinen aber noch als rohe Verhältnisse, wenn man mit dem Mikroskope in die Geheimnisse der Struktur unserer Körpertheile eindringt, wenn man die tausend und aber tausend Fäden untersucht, aus

denen ein einziger Muskel, eine dünne Sehne gewebt ist, wenn die Millionen Kügelchen und Zellen der Oberhäute und Flüssigkeiten vor das erstaunte Auge treten, und in allen diesen kleinsten Theilen, deren Einzelnheiten oft selbst unsern vervollkommneten Instrumenten entgeht, eine Gesetzmäßigkeit des Baues, eine innere Zweckmäßigkeit erkannt wird, die bei dem Untersucher, der ihr gegenüber tritt, nur das Gefühl seiner Ohnmacht zurücklassen kann. Es ist wohl schon manchem begegnet, daß er kleinmüthig Messer und Loupe auf die Seite gelegt und seufzte: All unser Streben ist eitel und unser Wissen Stückwerk!

Indeß wenn auch Einzelne unter den Schwierigkeiten gebeugt werden, so sind diese doch für die Forscher im Ganzen mehr Reize zu größeren Anstrengungen. Nach allen Seiten hin sieht man sich um Hülfe in andern Wissenschaften um, und diese sind dann auch nicht karg, sie überall zu gewähren, wo sie vernünftiger Weise gefordert werden kann. Es hat der Physiologie unendlich viel Schaden gebracht, daß sie sich abschließen wollte, daß sie behauptete, das Leben kenne die Gesetze der anorganischen Natur nicht; es könne nur aus sich selbst und durch sich selbst begriffen werden. Mit solchen Ansichten war ferneren Fortschritten die Bahn abgeschnitten, denn wo man auf eine unerklärliche Thatsache, eine räthselhafte Erscheinung stieß, da war gleich die Eigenthümlichkeit der Lebenskraft, das unerforschliche Walten des organischen Lebens da, um die Wißbegierde aufzuhalten und ihr zu sagen: begnüge dich damit, daß das organische Leben nur seine eigenen Gesetze kennt. Erst seitdem man diese Richtung verlassen und angefangen hat, überall zuerst die Erscheinungen aus den analogen der anorganischen Natur zu erklären, und die Gesetze, welche in dieser letzteren gelten, auch in den Erscheinungen des organischen Lebens aufzusuchen sich bestrebt, erst seit dieser Zeit hat die Physiologie wahrhafte Fortschritte in der Richtung gemacht, die wir oben bezeichneten. Und weit davon entfernt, in einen todten Mechanismus zu verfallen, wie man der neuern physiologischen Richtung so oft vorwarf, ist sie es gerade, welche uns zu der tiefsten Ehrerbietung vor den im

organischen Reiche herrschenden schöpferischen Gedanken zwingt. Wahrlich, wenn man dem Spiele der auf so einfache Art angewendeten Kräfte seine Aufmerksamkeit widmet, wenn man sieht, wie die Gesetze, welche die Bewegung des Weltalls und seiner Gestirne regieren, auch bei unseren Bewegungen ihre Anwendung finden, wie alle Ressourcen, die nur erdacht werden können, mit unendlicher Weisheit an der Maschine des Organismus angebracht sind, dann wird man zur Verehrung des Planes hingerissen, der so folgerecht aus den einfachsten Ursachen die herrlichsten Wirkungen zu entwickeln vermag.

Diesen einfachen Kräften und ihrem Spielraume in dem Organismus nachzuspüren ist die Aufgabe der Physiologie, der Lehre vom Leben. Zu ihrer Erforschung wendet sie theils die Beobachtung, theils den Versuch an und jeder Fortschritt in den hülfreichen Doctrinen kann nicht ohne Rückwirkung auf die physiologische Wissenschaft bleiben. Der Physik entlehnt sie die Erklärung der Bewegungen, der Sinneseindrücke. Bei ihr findet sie die Gesetze des Pendels, nach welchen unsere in Bewegung gesetzten Glieder schwingen; bei ihr die Statik des Hebels, auf welcher die Erklärung der Bewegung unserer Knochen beruhen. Bei der Physik holen wir uns Rath über die mechanische Seite des Kreislaufes, über die Thätigkeit des Herzens, der Gefäße; von dort aus erhalten wir unsere Resultate über die optischen Gesetze des Auges, die akustischen Einrichtungen des Gehör- und Stimmorganes. Der Physik verdanken wir die wichtigen Thatsachen über die Anwendung des luftleeren Raumes bei der Construktion unserer Gelenke. Die Chemie öffnet noch ein weiteres Feld der Untersuchung. Verdauung und Aufsaugung, Ernährung, Absonderung und Athmung, alle vegetativen Prozesse im Allgemeinen, welche die Erhaltung des Individuums bezwecken, alle diese Prozesse gehören dem Chemiker als gemeinschaftliches Gebiet an und können nur mit seiner Beihülfe erläutert und verstanden werden.

Den bedeutendsten Einfluß indeß hat das morphologische Studium der Organismen. Anatomie und Physiologie gehen mit

einander Hand in Hand; die eine kann keinen Schritt vorwärts thun, ohne daß ihn die andere mit macht. Allein nicht blos die äußeren Verhältnisse der Lage, Gestalt und Verbindung der Theile unter einander kann dem Physiologen genügen. Der ganze Körper muß nicht nur für ihn, wie für den guten Chirurgen, durchsichtig seyn, so daß er die Lage der Theile kennt, er muß den Körper auch in seinen kleinsten Theilen vergrößert vor Augen sehen, um einem jeden Blutkörperchen auf seinem Wege folgen, und einer jeden Nervenfaser in ihren Schlingenzügen nachgehen zu können. Nur, wenn er auf diesem Punkte steht, nur dann kann er sich zu wirklich freier Anschauung der durch die morphologischen Verhältnisse bedingten Umstände erheben. Man hat das Mikroskop viel und oft verdächtigt; man hat auf die Streitigkeiten hingewiesen, welche bei gewissen Untersuchungen entstanden, und namentlich diejenigen, welche keinen Begriff von dem Instrumente und seiner Behandlung hatten, schrieen am ärgsten ihre Verdammungsurtheile in die Welt hinein. Und dennoch wäre ohne dies unschätzbare Instrument unsere ganze heutige Physiologie noch nicht einmal geboren; geschweige denn in fröhlichem Wachsthum. Es gibt freilich nichts Vollkommenes auf Erden; allein wenn wir falsch sehen, so liegt dies nicht an dem unschuldigen Glase, sondern an uns selbst und an unserer Interpretation des Gesehenen. Wie mancher bittere Streit ist nicht über Dinge entstanden, die nur mit den natürlichen Augen untersucht waren und wo dennoch die größten Beobachtungsfehler mit unterliefen. Sollen wir deßhalb unsere Augen als unbrauchbar ausreißen oder wegwerfen?

Nicht minderen Eifer, als das Mikroskop unter den älteren Bekennern der Wissenschaft, haben oft die physiologischen Versuche in dem Publikum erregt und es gibt wohl wenig Universitätsstädte, wo nicht der Professor der Physiologie die Angriffe der Anti-Thierqualvereine oder ihrer stillschweigenden Verehrer auszuhalten gehabt hätte. Der physiologische Versuch ist der nothwendige Prüfstein unserer Ansichten und die Gewandtheit im Experimentiren, die ein wesentliches Bedingniß für das Gelingen

des Verſuches iſt, wird nur durch häufige Uebung errungen. Die Anſtellung von Verſuchen und Viviſektionen iſt demnach dem wiſſenſchaftlich thätigen Phyſiologen eben ſo unbedingt nöthig, als dem Aſtronomen das Betrachten des Himmels. Freilich hat man dieſes Bedürfniß an einigen Orten ins Luxuriöſe getrieben; wohl mancher wird ſich erinnern, gewiſſen Vorleſungen in Frankreichs Hauptſtadt beigewohnt zu haben, wo nach der Stunde der Profeſſor von Dutzenden verſtümmelter Thierleiber umgeben war und wo die Stärke des Beweiſes nach der Zahl der Schlachtopfer, die er gekoſtet, abgeſchätzt wurde. Wir haben uns glücklicher Weiſe in Deutſchland von ſolchen Extremen fern gehalten und wir benützen als Herren der Schöpfung unſer Recht oder Unrecht über die Thiere mit mehr Mäßigung. Nichts deſto weniger erkennen wir, namentlich für die nur während des Lebens ſtatthabenden Prozeſſe der Nervenwirkungen und des Blutlaufes den Verſuch, die Sektion und die Unterſuchung lebender Thiere als eine unentbehrliche klare Quelle unſerer Kenntniſſe an.

Zwar ſpringt uns eine ſolche auch in der Pathologie, in der Betrachtung der krankhaften Zuſtände des menſchlichen Körpers; — allein leider fließt ſie meiſt nur trübe. Man ſollte glauben, es ſey nichts leichter, als das Ziehen klarer phyſiologiſcher Schlüſſe aus den krankhaften Erſcheinungen. Man beobachtet dieſe oder jene Abweichung von dem Normalzuſtande, man entdeckt, welches Organ des Körpers dabei angegriffen und verletzt iſt; — was natürlicher als nun zu ſchließen, daß die abnorme Funktion auch dem abnormen Organe angehöre? Allein die Natur ſtellt ihre Experimente nicht rein an, ſie greift mehre Organe zugleich an oder, wenn nur ein einzelnes vorzugsweiſe leidet, ſo wird durch die Organiſation des Körpers an ſich ſchon das Ganze in Mitleidenſchaft gezogen. Es gibt ein einziges Feld in der Phyſiologie, wo wir einzig und allein auf die aus der Pathologie zu entnehmenden Thatſachen angewieſen ſind. Dies iſt die Frage über den Zuſammenhang der Gehirntheile mit den Geiſtesthätigkeiten; eine Frage, die man unheilvoller Weiſe durch die ſogenannte Phrenologie ihrem wiſſenſchaftlichen Standpunkte

entrückt und in das Gebiet des Charlatanismus hinüber gepflanzt hat. Den Einfluß des Gehirnes und seiner einzelnen Theile auf die Funktionen des Körpers können wir auch an Thieren untersuchen; allein ein Hund, ein Kaninchen gibt uns keinen Aufschluß über die Veränderungen, welche in seinen geistigen Fähigkeiten vorgehen, nachdem man ihm diesen oder jenen Hirntheil weggenommen hat. Dies könnte einzig nur der Mensch und an dem darf nur die Natur allein experimentiren. Hirnkrankheiten, organische Fehler des Seelenorgans sind nicht selten, sie werden häufig von den Aerzten beobachtet; allein den Sitz der Desorganisation kann man nur an den krankhaften Erscheinungen erkennen, welche sich im Körper zeigen, an den Lähmungen der einzelnen Körpertheile, niemals an den vorkommenden Störungen der Geistesfunktionen. Wir wissen durchaus nichts Positives, absolut Nichts über die Beziehung der einzelnen Gehirntheile zu den Geistesthätigkeiten; in dem einzigen Punkte, wo die Pathologie auf sich selbst angewiesen war, hat sie nichts geleistet. Darf man sich wundern, wenn der Physiologe nur mit Mißtrauen sich ihrer bedient?

Auf solchen Stützen nun, theils wankenden, theils sicheren, ruht das Gebäude der Physiologie. Wir haben uns hier die Aufgabe gestellt es zu durchwandern. Allein schon der größeren Zimmer findet sich eine Legion; der kleinen dunkeln Kämmerchen nicht zu gedenken, die überall zerstreut sich anbauen. Sie alle zu besuchen ist eine Unmöglichkeit, noch weniger dürfen wir daran denken, den Schmuck der Zimmer, ihre mehr oder minder reiche Ausstattung, uns näher ins Auge zu fassen. Ein Menschenleben würde hiezu nicht hinreichen.

Ich habe versucht, in den nachfolgenden Briefen den Stand unserer Wissenschaft mit einzelnen skizzenartigen Zügen zu zeichnen. Nur die fester begründeten Resultate, nur die, so viel wir bis jetzt beurtheilen können, wahren Thatsachen durften hier eine Stätte finden und subjektive Ansichten mußten so viel möglich in den Hintergrund gestellt werden. Die Art und Weise der Auffassung freilich wird für einen Jeden eine andere seyn;

namentlich werden die aus den Thatsachen zu ziehenden allgemeinen Schlüsse über Leben und Lebenskraft stets, je nach der Individualität des darüber Nachdenkenden, bei aller Anerkennung des Thatsächlichen, oft sehr bedeutend abweichen. Es ist unsere Sache nicht, diesem Urtheile der Einzelnen vorzugreifen. Wir stehen vor dem Geschwornengerichte der öffentlichen Meinung, wo unsere Thatsachen mit mehr oder minderem Scharfsinne gewogen und abgeurtheilt werden. Freilich gelingt es manchmal durch glänzende Beredsamkeit oder andere bestechende Mittel diese öffentliche Meinung zu gewinnen; allein lange Zeit hält solche Täuschung nicht an. Die Wissenschaft, sollte man sie auch hinter den Wällen einer todten Sprache verschanzen, dringt doch allmählig in die große Menge ein und man wird bei aufmerksamer Betrachtung stets finden, daß diese sich über alle größeren wissenschaftlichen Fragen ihre eigenthümliche unabhängige Ansicht bildet. Deßhalb habe ich auch nicht, wie es sonst wohl der Brauch ist, allgemeine Grundbegriffe und Ansichten über die Wissenschaft der Physiologie vorausschicken mögen. Daß die Physiologie sich mit dem Leben des Menschen und mit dessen Erscheinungen befaßt und zwar vorzüglich das leibliche Leben im Auge behält, dies lehrt schon die Bedeutung des Wortes; was das Leben sey und warum der Organismus lebe, das kann nicht von vornherein begriffen werden, sondern so wie das Leben erst das Resultat aller einzelnen Funktionen der Körpertheile ist, so muß auch seine Kenntniß erst aus derjenigen aller einzelnen Verrichtungen hervorgehen.

Um die Darstellung, welche für ein größeres Publikum berechnet sein sollte, so sehr als möglich im objektiven Felde zu halten, habe ich vermieden, Namen als Gewährsmänner der Thatsachen oder Ansichten anzuführen. Die Autoritäten haben nicht mehr das Gewicht wie früher; eine Thatsache gilt heut zu Tage nicht deßhalb, weil sie von diesem oder jenem Forscher ist aufgefunden, sondern darum weil sie wahr ist. Was auch hätte es geholfen, wenn ich hinter jedem Satze fast eine Reihe von Namen hätte aufgeführt? Von Bär, Ch. Bell, Burdach, Edwards,

Henle, Kürschner, Liebig, J. Müller, Magendie, Purkinjé, Tiedemann, Valentin, R. Wagner — alle diese Namen klingen überall in der Wissenschaft mit, wo man auch anklopfen möge; es sind die treuen Bergleute, welche mit Mühe und Schweiß, ja mit Hintansetzung ihrer Gesundheit das reine Gold aus den Schachten der Bergwerke hervorgeholt haben. Sollen wir die große Menge darum schelten, daß sie meist erst bei der Todesnachricht sich an ihre Koryphäen der Wissenschaft erinnert, und daß sie sie unter dem Drange der Zeitumstände schneller vergißt, als diejenigen, welche unmittelbareren Einfluß auf die Weltbegebenheiten hatten? Es mag genügen, die Namen einmal genannt zu haben; — stehen sie doch in dem goldenen Buche der Wissenschaft mit unauslöschlichen Zügen.

C. V.

Erſter Brief.

Der Kreislauf des Blutes.

Das Blut iſt der Träger alles individuellen Lebens. Ohne ſeine Vermittlung gibt es keine Neubildung, keine Metamorphoſe des Beſtehenden, keine regelrechte Zurückbildung des Ueberflüſſigen. Gleich dem Prinzipe des Lebens ſelbſt iſt das Blut in ewigem Umſchwunge, in raſtloſer Bewegung begriffen; — bis in die entfernteſten Theile des Körpers reckt ſich ſein Strom, überall ſind ihm Bahnen aufgeſchloſſen, welche es nach beſtimmten Geſetzen durchläuft, nach allen Seiten hin findet es Kanäle, durch welche es ſeine belebende Kraft den umliegenden Organtheilen mittheilt und ſeine Beſtandtheile mit den ihrigen austauſcht. Der Begriff des Kreislaufes, ſeine thatſächliche Exiſtenz ſind allmählig in das Volksbewußtſeyn übergegangen; man ſpricht davon wie wenn daran nicht gezweifelt werden könne; es iſt eine jener wenigen Wahrheiten, die ſich gleichſam durchgefiltert haben aus den wiſſenſchaftlichen Behältern und deren Beſtand man annimmt, ohne nach dem Beweiſe, ohne nach den Folgen zu fragen. Wie verhalten ſich die Gefäße und Kanäle, in denen das Blut kreiſt? Welche Kräfte ſind an ihnen thätig, und auf welche Weiſe wird dieſer ſtäte Umlauf bedingt? Und welche Beſchaffenheit endlich zeigt das Blut ſelbſt, welche chemiſche Zuſammenſetzung iſt ihm eigenthümlich und wie läßt ſich aus all' dieſen Verhältniſſen die Rolle erklären, welche das Gefäßſyſtem im Organismus ſpielt?

Daß das Herz der Mittelpunkt des Blutkreislaufes ſey, dies wiſſen wir Alle aus eigener Erfahrung. Von ihm aus geht

ein System von Röhren nach allen Theilen des Körpers, sich immer mehr verästelnd und verzweigend, bis wir endlich mit dem bloßen Auge den letzten dünnen Reiserchen nicht mehr folgen können. Von diesen cylindrischen Röhren, den Blutgefäßen, lassen sich schon äußeren Kennzeichen nach zwei Arten unterscheiden. Die einen sind fest, elastisch, bleiben gleich einer Gummiröhre rund und offen, selbst wenn sie leer sind oder durchschnitten werden; das Blut strömt in ihnen von dem Herzen weg nach den peripherischen Theilen des Körpers; diese Röhren mit centrifugaler Richtung des Blutstromes sind die Arterien. Die anderen Gefäße sind dünnwandiger, sie fallen nach der Entleerung oder Durchschneidung zusammen; das Blut strömt in ihnen von den peripherischen Theilen aus nach dem Herzen zu — wir nennen diese centripetalleitenden Kanäle die Venen.

Das Herz selbst ist ein hohler Muskel; ein nach unten zugespitzter Beutel mit dicken Wänden, die aus Muskelfasern gewoben sind, welche durch ihre Zusammenziehung den Beutel verengern und die darin enthaltene Flüssigkeit auspressen können. Eine innere Scheidewand theilt der Länge nach diesen Beutel in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, und jede dieser Hälften ist wieder durch eine durchbrochene Querscheidewand in zwei Abtheilungen getheilt, welche mit einander durch die Oeffnungen der Querscheidewand in Communikation stehen. — Die Längsscheidewand zeigt keine solche Communikationsöffnung; zwischen rechter und linker Herzhälfte besteht keine Verbindung; das Blut in der einen kann sich nie mit demjenigen der anderen Hälfte vermischen. Auf diese Weise ist das Herz in vier Abtheilungen zertheilt, deren jede mit Blutgefäßen in Communikation steht, die einen mit den zuführenden Venen, die andern mit den wegführenden Arterien. Die ersteren heißen die Vorkammern oder Atrien; ihre Muskelwände sind gleich den Wänden der Venen schwächer, ihr Lumen größer als das der Kammern oder Ventrikel, welche sich durch starke Muskelschichten auszeichnen. Jede Herzhälfte hat demnach einen Vorhof und eine Kammer, welche mit einander durch die Atrioventricular-

öffnungen der Querscheidewand in Communikation stehen und schon aus der Natur der einmündenden Gefäße kann man schließen, daß der Weg, welchen das Blut im Herzen nimmt, aus den Venen in die Vorkammern, von dort in die Kammern und aus diesen durch die Arterien hinausgeht. Die relative Muskelschwäche der Vorhöfe erklärt sich schon aus diesem Umstande; sie haben das in ihnen angesammelte von der Peripherie kommende Blut durch ihre Zusammenziehung nur in die Kammern zu treiben, wozu bei der Kürze des Weges und der Weite der Communikationsöffnung, gerade keine bedeutende Kraft gehört; während hingegen die Kammern einer bedeutenden Kraftentwicklung bedürfen, um ihre Blutmenge durch die engen Kanäle der Arterien bis in die entferntesten Gebiete ihrer respektiven Blutbahnen zu treiben. Die Richtung des Blutstromes im Herzen wird durch ein äußerst sinnreiches System häutiger Klappen bestimmt, welches namentlich in den Kammern in großer Vollkommenheit entwickelt ist. Jede Herzabtheilung hat natürlich zwei Oeffnungen, eine, wodurch sie mit den Gefäßen, eine andere, wodurch sie mit der anderen Herzabtheilung zusammenhängt; ohne Klappen würde bei der Zusammenziehung das Blut aus beiden Oeffnungen hinausgepreßt werden. An der Oeffnung zwischen je zwei Herzabtheilungen aber befindet sich eine solche Klappe, wie ein Segel aus mehrern Zipfeln gebildet, deren Stellung in der Art angeordnet ist, daß dem aus der Vorkammer her gepreßten Blute die Klappe sich weit öffnet, während sie im Momente sich schließt, wo die Kammer sich zusammenzieht und das Blut gegen die Klappe antreibt. Eine ganz ähnliche Verrichtung existirt an dem Ursprunge der Arterien; dem aus den Kammern hervorgetriebenen Blutstrome öffnen sich die dort angebrachten Taschenventile, gegen den Rückprall der Blutwelle stellen sie sich auf und versperren das Lumen der Arterien. An den Einmündungen der Venen in die Vorhöfe findet man ähnliche, wenn auch geringer vollkommene und zum Theil auf andere physikalische Gesetze gegründete Anordnungen.

Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß es nur eines

äußerst geringen Druckes bedarf, um die erwähnten Herzklappen zu stellen und zwar so zu stellen, daß sie wirklich hermetisch schließen und keinen Tropfen Blutes durchlassen. Das Herz ist demnach in seinem Prinzipe ein hydrostatisches Druckwerk mit Ventilen, welche dem Blutstrome die gehörige Richtung anweisen und so genau sind alle Kräfte an dieser wunderbaren Maschine berechnet, so harmonisch ihr Zusammenwirken, daß eine speziellere Untersuchung die einfachsten Gesetze derselben mit mathematischer Genauigkeit nachweisen kann; Gesetze, welche durchaus mit den ganz gewöhnlichen hydrostatischen Gesetzen im Einklange stehen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß stets die gleichnamigen Abtheilungen beider Herzhälften sich in demselben Zeitmomente zusammenziehen, daß die beiden Vorkammern sich contrahiren, während die Kammern sich ausdehnen, und daß hernach die Zusammenziehung beider Kammern mit gleichzeitiger Dilatation der Vorkammern verbunden ist. Bei der Zusammenziehung oder Systole der Kammern hebt sich die Herzspitze, indem sie sich zugleich etwas um ihre Axe dreht und gegen die Brustwand anschlägt, während sie bei der Ausdehnung oder Diastole der Kammern wieder in ihre vorige Lage zurücksinkt. Diese stete Ortsveränderung des Herzens wird dadurch möglich, daß es, ohne weitere Befestigung als die durch die eintretenden Blutgefäße bedingte, frei in einem weiten Sacke mit glatten Wänden, dem Herzbeutel, aufgehängt ist.

Jeder Herzschlag, den wir fühlen, ist demnach aus zwei Tempos zusammengesetzt, der Erweiterung oder Diastole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern zusammenziehen, und der Zusammenziehung oder Systole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern ausdehnen. Bei der Kammersystole sind die Arterienklappen geöffnet und die Klappen an den Atrioventricularöffnungen geschlossen, so daß das Blut in die Arterien eingetrieben wird, während ihm der Rückweg in die Vorhöfe verschlossen ist; zugleich sind die Vorhöfe weit ausgedehnt, ihre Venenöffnungen weit geöffnet und das von außen her kommende Blut strömt in die Vorhöfe ein. Bei der Vorkammersystole schließen sich die

Venenöffnungen um den Rückprall des Blutes in dieser Richtung zu verhüten, während die Atrioventricularöffnungen sich aufthun, das Blut in die Kammern einzulassen und die Arterienklappen sich schließen, und dem Rückstrom des Blutes in die Kammer, welche sich ausdehnt, Widerstand leisten.

Die Zusammenziehung der Kammern wie der Vorkammern ist mit besonderer Tonentwicklung verbunden. Man braucht das Ohr nur an die Herzgegend eines lebenden Menschen oder Thieres anzulegen, um diese Herztöne zu hören. Der erste Herzton bildet ein dumpfes strömendes Rauschen, er fällt mit der Kammersystole zusammen; der zweite Herzton ist kurz, hell, klappend, er bezeichnet die Zusammenziehung der Vorhöfe. Während des dumpfen Rauschens des ersten Herztones schlägt das Herz an die Brustwand an, und im normalen Zustande ist es nicht möglich einen Zeitintervall zwischen dem Anschlage des Herzens und dem ersten Tone zu finden. Die Entdeckung dieser Hörbarkeit der Herztöne und ihrer äußerst mannichfachen Veränderungen bei organischen Krankheiten des Herzens bezeichnet eine neue Epoche in der Geschichte der Medizin. Ihr Verhältniß zu den Herzbewegungen und ihre physikalische Ursache aufzuklären, hat man die mannichfachste Mühe verwendet und es ist kein Theil des Herzens, dem man nicht einige oder alle Mithülfe an ihrer Entstehung zuwenden wollte. Die Zusammenziehung der Muskelfasern des Herzens, das Einschießen der Blutwellen in die geöffneten Herzräume, die Reibung derselben an den Herzwänden, alle diese Momente wurden, aber vergebens, zu Hülfe genommen. Jetzt scheint man sich endlich dahin verständigt zu haben, daß die Herztöne Klappentöne sind, daß sie vom Anschlagen der Blutwellen an die sich stellenden Klappen herrühren und daß ihre Verschiedenheit eben in der verschiedenen Größe und Anordnung der Klappen besteht. Der erste länger gehaltene dumpfe Ton würde die Schließung der großen, segelförmigen Klappen der Atrioventricularöffnungen, der zweite diejenige der kleineren taschenförmigen Arterienventile bezeichnen.

Verfolgen wir nun die allgemeine Bahn des Kreislaufes,

indem wir von der linken Kammer aus dem Strome des Blutes nachgehen. Durch eine mit halbmondförmigen Taschenventilen besetzte Oeffnung tritt das Blut in die große Körperschlagader, die Aorta ein, und vertheilt sich durch alle Aeste und Zweige derselben in alle Theile des Körpers. So fein werden die letzten Aeste der Arterien, daß sie nur noch unter dem Mikroskop unterscheidbar sind. In diesem Zustande bilden sie Netze, welche alle Organe durchstricken und so kleine Inseln bleiben an einigen Orten zwischen diesen Capillargefäßen oder Haargefäßen zurück, daß bei älteren Anatomen namentlich der Glaube verbreitet war, die Gewebe des Körpers beständen nur aus Blutgefäßen. Aus diesen Maschennetzen nun sammeln sich allmählig wieder kleinere Stämmchen, welche unter einander zusammen münden, größere Zweige und Aeste bilden und endlich zwei Hauptvenenstämme bilden, welche sich in den rechten Vorhof einsenken. Man hat diese Sektion des Kreislaufes, vom linken Ventrikel aus durch die Capillaren des Körpers und zurück in den rechten Vorhof den großen oder Körperkreislauf genannt und, wie leicht einzusehen und zu beweisen ist, hängt die Bewegung des Blutes in dieser Bahn einzig und allein von den Zusammenziehungen des linken Ventrikels ab. In dem rechten Vorhofe angelangt erhält das Blut einen neuen Impuls, es strömt in die rechte Kammer und wird aus dieser in die Lungenarterie getrieben. Die Lungenarterie vertheilt sich in den Lungen in feine Capillaren, welche sich wieder zu Venen sammeln und endlich durch die großen Stämme der Lungenvenen in den linken Vorhof einmünden. Aus diesem wird dann das Blut in die linke Kammer gepreßt, von welcher aus es von neuem seine Bahn beginnt. Man hat diesen Abschnitt des Kreislaufes aus der rechten Kammer durch die Lungen in die linke Vorkammer den kleinen oder Lungenkreislauf genannt.

Während eines einmaligen Umschwunges durch seine Bahn passirt das Blut demnach zweimal durch das Herz, einmal, indem es aus dem großen Kreislaufe zurückkehrend durch das rechte Herz läuft, um von da aus nach den Lungen getrieben zu

werden, das zweite Mal, wenn es aus den Lungen in das linke Herz und durch dieses in den Körper sich begibt. Zu einem jeden Kreislaufe gehört eine ungleichnamige Abtheilung verschiedener Herzhälften, zum großen linke Kammer und rechter Vorhof, zum kleinen rechte Kammer und linker Vorhof und die Vermittlung zwischen den beiden im Herzen selbst so streng geschiedenen Herzhälften geschieht nur durch die Capillarsysteme des Körpers einerseits und durch die Haargefäße der Lungen andererseits. Jede Hälfte eines Kreislaufes bildet gleichsam einen Baum, als dessen Stamm das aus dem Herzen entspringende Gefäß anzusehen ist, während die Krone mit den vielen tausend Zweiglein in den Capillarsystemen repräsentirt ist. Das arterielle von der linken Kammer und der Aorta ausgehende System bildet einen solchen Baum, dessen Zweige in den Körpercapillarien unmittelbar in die Wurzeln des Körpervenenbaumes übergehen; ja, wenn man die Vergleichung noch weiter treiben wollte, so würde sich der Stamm des in den Körpercapillarien zusammengesetzten venösen Baumes durch die Hohlvenen in das rechte Herz fortsetzen und in den Lungen sich verästelnd, seine Krone bilden, während hier, in den Capillaren der Lungen, der Körperarterienbaum entspränge, seine Wurzeln in den Lungenvenen sammelte und als Stamm durch das linke Herz ziehend, seine Krone in den Körpercapillaren bildete. Wie man sich auch die Sache vorstellen mag, zu jeder Hälfte des Kreislaufes gehören zwei centrale Herzabtheilungen, ein peripherisches Capillarsystem und ein System ausführender und rückführender Kanäle (Arterien und Venen); der große Kreislauf hat seine Körperarterien und Körpervenen, der Lungenkreislauf seine Lungenarterien und Venen.

Die Capillarsysteme sind, wie wir später beweisen werden, der Sitz der chemischen und physikalischen Veränderungen der Blutmasse. In den Capillaren geht der Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Auffaugung vor sich und dieser wechselseitige Austausch von Stoffen in den Capillaren zwischen der Blutmasse und den umgebenden Organtheilen muß nothwendig eine gewisse

Rückwirkung auf Farbe und Zusammensetzung des Blutes haben. In den Capillaren des Körpers wird das Blut dunkel, es erhält eine bläulich-violette Farbe; in den Capillaren der Lunge wird es hellroth, schäumend. Der Durchgang des Blutes durch das Herz verändert seine Constitution durchaus nicht; das Herz hat nur eine rein mechanische Beziehung zu dem Blute, es theilt ihm durch seine Zusammenziehung die Bewegung mit. Wenn demnach der Durchgang durch Capillaren das Blut ändert, derjenige durch das Herz aber nicht, so müssen die ungleichnamigen Gefäße der beiden Kreislaufhälften gleichartiges Blut führen. Die Lungenvenen führen hellrothes Blut, dieses durchläuft das linke Herz und wird ohne verändert zu werden, in den Körperarterien weiter geschafft; in den Körpercapillaren wird das Blut dunkel, blau und bleibt so durch die Venen, das rechte Herz und die Lungenarterien hindurch bis in die Lungencapillaren, wo es wieder hellroth wird. Man hat das hellrothe Blut auch arterielles, das blaurothe venöses Blut und demnach die linke Herzhälfte das Arterienherz, die rechte das Venenherz genannt; es folgt aus diesen Benennungen leider eine große Verwirrung, denn die Lungenarterien führen blaurothes, venöses Blut, die Lungenvenen hellrothes, arterielles. Ich weiß mich noch gar wohl zu erinnern, wie sehr mir diese fatalen Benennungen eine klare Anschauung des Kreislaufes behinderten, ich werde sie hier nicht anwenden und nur von blauem und rothem Blute, von blauer und rother oder rechter und linker Herzhälfte sprechen.

Die ganze hydraulische Anordnung des Gefäßsystemes mit dem Herzen entspricht den Anforderungen, welche an ein solches Röhrensystem gemacht werden können, auf das Vollkommenste. Schon in dem Herzen selbst ist keine Kraft unnöthig verschwendet; — die Kammerwandungen sind ihrer Dicke und Muskelmasse nach genau der Bahn angemessen, durch welche sie das Blut hindurchtreiben sollen. Die linke Kammer, welche die gesammte Blutmasse durch alle Arterien, Capillarien und Venen des Körpers bis in die rechte Vorkammer treiben muß, ist die stärkste an Muskelschichten; die rechte Kammer, welche nur auf weit kleinerer Bahn durch die

Lungen ihre Propulsionskraft ausübt, hat weit dünnere contractile Wände. Trotz dieser so einfachen und leicht ersichtlichen Verhältnisse aber hat man sich von frühen Zeiten her bestrebt, dem Blute als solchem einen Antheil an der Bewegung zukommen zu lassen. Es widerstrebte der Ueberzeugung vom Leben des Blutes, wenn man wieder auf der andern Seite annehmen sollte, daß es sich, der Herzthätigkeit gegenüber, nur wie eine jede andere Flüssigkeit verhalte und man vergaß, daß alle Bewegung auf Erden, mag sie nun Organismen angehören oder nicht, denselben physikalischen Gesetzen gehorcht, und daß der Knochen nicht minder lebt, wenn er gleich von den Muskeln wie jeder andere lebloſe Hebelarm hin und hergezogen wird. Es kann meine Aufgabe nicht seyn, hier alle jene veralteten Hypothesen von einer eigenen Propulsivkraft, die dem Blute inwohnen sollte, von einer freien Bewegung der Blutkörperchen, von einer Wiederholung des Planetenlaufes in der Blutbahn zu widerlegen; der Versuch, die Rechnung und die Anwendung rein physikalischer Untersuchungsmethoden haben mit mathematischer Gewißheit dargethan, daß alle Blutbewegung lediglich und allein von der Herzthätigkeit abhängt, daß die bewegende Kraft einzig in dem Herzen liegt und die Strömung ganz auf dieselbe Weise in den Gefäßen geschieht, ob nun Blut oder eine andere ähnlich zusammengesetzte Flüssigkeit darin kreise.

Mit jeder Zusammenziehung treibt das Herz eine gewisse Blutmenge aus den Kammern in die Arterien hinaus. Die Arterien sind aus elastischen Fasern gesponnene Röhren, der Stoß der Blutwelle dehnt mithin ihr Lumen aus. Ihre eigene Elasticität aber, so wie der momentane Nachlaß des Stoßes während der Kammerdiastole bedingen einen Widerstand gegen diese passive Ausdehnung, die Arterie zieht sich auf ihr früheres Lumen zusammen. Nun neue Kammersystole, neuer Stoß, neue Welle, abermalige Ausdehnung, der ein erneuter Widerstand, eine zweite Zusammenziehung folgt. Dies beständige Heben und Senken der Arterienwandungen, der abwechselnde Rhythmus der Blutwellen bedingt die Erscheinung des Pulses; jenes

Orakels, das man bei allen Krankheiten um Rath fragt. Drei Momente kommen demnach bei dem Pulse hauptsächlich in Betracht; die Kraft des Herzstoßes, die Größe der Blutwelle und der Grad der Elasticität der Arterien, wodurch eine mehr oder minder bedeutende Energie des Widerstandes ihrer Wandungen bedingt wird. Aus diesen drei Faktoren setzen sich alle jene verschiedenen Modificationen des Pulses zusammen, welche der Arzt zu beobachten und in seinen Diagnosen zu benutzen hat. Die Zahl und der Rhythmus des Pulses hängen von der Herzthätigkeit; seine Völle oder Leere von der Größe der Blutwelle und der Gesammtmenge des Blutes überhaupt, seine Härte oder Weichheit endlich von dem Contraktionszustande der Arterienhäute ab. Man weiß aus Erfahrung, daß die scheinbar heterogensten Eigenschaften des Pulses sich vereinigen können, daß ein voller Puls zugleich weich seyn kann, wenn ein lähmungsartiger Zustand der Arterienhäute die thätige Contraktion der Fasern hemmt, oder daß bei kleinem kaum fühlbaren Pulse derselbe doch hart ist, weil durch Krampf die elastischen Fasern zusammengezogen sind. Man sieht leicht ein, daß bei dem innigen Zusammenhange der Herzbewegung mit dem centralen Nervensystem, bei der genauen Verknüpfung der Blutbereitung, Verdauung und Ernährung mit der Menge des Blutes und der Abhängigkeit der Gefäßcontraktion von dem peripherischen Nervensystem und von den äußeren Einflüssen der Puls die mannichfachsten krankhaften Erscheinungen in sich reflektiren kann.

Nicht blos krankhafte Zustände aber, auch normale Einflüsse bedingen die größten Verschiedenheiten des Pulses je nach Alter, Geschlecht und Größe der Individuen. Im Allgemeinen steht der Satz fest, daß die Zahl der Pulsschläge in umgekehrtem Verhältnisse zu der Körpermasse steht. So hat ein neugebornes Kind im Durchschnitte 130 bis 140 Pulsschläge, ein erwachsenes Individuum zwischen 20—50 Jahren etwa 70, ein Greis etwa 80 Pulsschläge in der Minute. Eben so einflußreich ist der Athmungsprozeß. Je lebhafter die Respiration, desto zahlreicher auch die Pulsschläge, desto kräftiger die Zusammenziehungen des

Herzens. Auch die Körperstellung hat Einfluß. Im Stehen ist der Puls zahlreicher als im Sitzen, hier wieder beschleunigter als im Liegen.

Mit jedem Pulsschlage wird eine gewisse Quantität Blut aus dem Herzen in die Arterien hinausgetrieben, und zwar muß diese Menge Blutes mit der Capacität der Herzhöhlen in dem genauesten Verhältnisse stehen. Die Herzkammer kann begreiflicher Weise nicht mehr Blut auspressen als sie enthalten kann, und was sie bei der Diastole aufnimmt, das treibt sie auch fast vollständig wieder aus. Kennt man nun die Capacität der Herzhöhlen und die Quantität der in dem Körper überhaupt vorhandenen Blutmenge, so läßt sich leicht berechnen, in wie viel Zeit die gesammte Blutmenge durch das Herz gehen muß, oder mit andern Worten, wie viel Zeit zu einem vollständigen Umschwunge der gesammten Blutmenge gehöre. Man hat gefunden, daß die längste Zeit für einen erwachsenen Mann eine Minute betragen würde, daß aber unter günstigen Verhältnissen auch dreißig Sekunden zu einem solchen ganzen Kreislaufe hinreichen würden. Auch in anderer Weise angestellte Versuche bestätigten dies Resultat. Man öffnete eine Hals-Vene und spritzte ein leicht zu entdeckendes Reagens in das Blut ein. In abgemessenen Intervallen, die man mit der Sekundenuhr bestimmte, zapfte man nun aus der Hals-Vene der anderen Seite Blut ab und untersuchte dies Blut auf den Gehalt an dem eingeführten Stoffe. Um von einer Vene zur andern zu gelangen, mußte das Blut den Weg durch das rechte Herz in die Lungen, dann in das linke Herz und durch den Körper machen, folglich die ganze Bahn des Kreislaufes durchmessen. Hiezu genügten 30—40 Sekunden. Die 30 Pfunde Blut, welche ein Erwachsener etwa besitzt, kreisen demnach zweimal in einer Minute durch den ganzen Körper und ein jedes Blutkügelchen des Körpers hat in einer Minute zweimal die Lungen, zweimal ein Organ des Körpers und viermal das Herz durchlaufen.

Je weiter vom Herzen weg man dem Blutlaufe folgt, desto langsamer wird er und desto unmerklicher wird der Puls, bis

letzterer endlich gänzlich aufhört und in den fernsten Arterienzweigen das Blut langsam in stetem, gleichmäßigem Strome dahin fließt. Auch diese Erscheinungen lassen sich auf die befriedigendste Weise aus physikalischen Grundsätzen erläutern. Die Reibung des Blutes gegen die Arterienwände ist zwar nicht sehr bedeutend, da diese letzteren sehr glatt und eben sind, allein sie bildet doch immer ein Moment der Hemmung. Weit wesentlicher aber wirkt zu dieser Verlangsamung des Blutstroms die Erweiterung der Blutbahn ein. Es ist eine bekannte Sache, daß die Schnelligkeit eines Stromes in erweitertem Bette abnimmt und in ausgedehnten Becken und Seen sich fast auf Null reducirt; es ist eine Thatsache, daß in geschlossenen Röhren dasselbe Statt findet. Bei der Vertheilung der Blutgefäße ist dies Gesetz in Anwendung gebracht. Zwar sind die Zweige einer Arterie, jeder einzeln genommen, stets dünner als der Hauptstamm, aber die Gesammtsumme ihres Inhaltes übertrifft denjenigen des Hauptstammes um ein bedeutendes. Die Unterleibsaorte z. B. theilt sich in der Tiefe des Beckens in zwei große Schlagadern, die Hüftschlagadern. Eine einzelne Hüftschlagader für sich genommen ist nicht so groß als die Aorte, aber ihr Durchmesser beträgt doch wenigstens zwei Drittel von dem Durchmesser der Aorte, so daß die beiden Hüftschlagadern zusammengenommen den Aortendurchmesser um ein Drittel wenigstens überwiegen. Alle Aeste der Arterien, wie der Venen, verhalten sich auf die gleiche Weise, und je weiter die Vertheilung der feinen Aeste und der Capillargefäße geht, desto ausgedehnter wird auch die Blutbahn und desto langsamer der Kreislauf. Man hat nicht mit Unrecht gesagt, daß ein jedes Gefäßsystem, bei idealer Aufzeichnung der Lumina, einen Kegel bilden würde, dessen Spitze im Herzen, die Basis in den peripherischen Capillaren läge.

Das Verschwinden des Pulses in den entfernten feinen Arterienzweigen beruht nicht blos auf der Abnahme des Herzstoßes in die Entfernung. Denn wie bedeutend die Kraft des Herzstoßes noch in den Beinen sey, lehrt leicht die einfachste Beobachtung. Man fixire nur aufmerksam bei einem Mann, der

BIBLIOTECA NAZIONALE VE ROMA

sitzend die Beine übereinander geschlagen hat, das frei in der Luft schwebende Bein, und man wird bald den Pulsschlag an den regelmäßigen Hebungen und Senkungen des Fußes zählen können. Das Bein bildet in dieser Stellung einen äußerst langen Hebel, etwa wie der Zeiger an einem Kraftmesser und deßhalb werden die pulsatorischen Bewegungen der Kniekehlenschlagader sichtbar, da sie einem langen Hebelarme mitgetheilt werden. Das Verschwinden des Pulsschlages, der Uebergang des abgesetzten, rhythmischen Stoßes in ein gleichförmiges Fließen, das in den engeren Arterien und den Capillaren Statt hat, hängt von der durch die Elastizität bedingten Summirung aller einzelnen Stöße ab. Die elastische Gefäßwand setzt der Ausdehnung einen gewissen Widerstand entgegen, der endlich sich so weit erhebt und addirt, daß er der Stoßkraft Gleichgewicht hält und somit die Gleichförmigkeit des Stromes hergestellt ist.

Die Capillargefäße bilden den unmittelbaren Uebergang zwischen Arterien und Venen und in diesem feinen Röhrennetz tritt das Blut in unmittelbare Wechselwirkung mit der Substanz der Organe. Die Beobachtung hat dargethan, daß alle Capillaren, selbst die feinsten, stets ihre gesonderten deutlichen Wandungen haben, daß die Gefäßröhren überall vollkommen geschlossen sind und demnach zwischen umgebender Substanz und kreisendem Blute nur mittelst Durchdringung der Gefäßwände Austausch von Stoffen Statt finden kann. Diese Durchdringung der Gefäßwände ist aber nur bei flüssigen oder gasförmigen Substanzen möglich; feste in den Blutstrom eingeführte Körper können nur durch Verletzung der Gefäßwandungen oder durch Auflösung in dem Blute wieder aus dem Kreislaufe herauskommen. Deßhalb können auch die festen, in dem Blute schwimmenden Körperchen, deren Eigenschaften wir später kennen lernen werden, die Blutkörperchen, keinen direkten Einfluß auf die Ernährung haben, sondern nur durch stete Zerstörung und Auflösung im Blutwasser mit der umgebenden Substanz der Organe in Wechselwirkung treten. Die Bewegung des Blutes in den Capillargefäßen hängt einzig und allein von dem Stoße des Herzens ab; es tritt hier keine

neue unbekannte Kraft hinzu, wie man früher glaubte. Die Wandungen der Capillaren sind auf sehr eigenthümliche Weise gebildet. Sie sind außerordentlich permeabel für Flüssigkeiten und gasförmige Stoffe und die Prozesse der Endosmose und Exosmose oder des Austausches von Stoffen durch thierische Membranen sind hier in ihrer größten Intensität entwickelt. Die Capillaren sind aber auch sehr contractil und namentlich für Temperaturwechsel und andere, vom Organismus selbst ausgehende Reize außerordentlich empfindlich. Applikation von Kälte kann sie fast bis zu gänzlicher Verschließung bringen und durch diese bedeutende Contractilität üben sie einen mächtigen Einfluß auf die Gesammtheit des Blutkreislaufes aus. Man stelle sich die Capillaren eines Organes bis auf die Hälfte, auf ein Drittel ihres Volums zusammengezogen vor; es wird dann auch nur die Hälfte, das Drittel der für das Organ bestimmten Blutmenge in dasselbe eintreten können und die übrigen Organe mit Blut überfüllt werden.

Alle diese Verhältnisse der Capillaren erforderten die angestrengtesten Bemühungen und ausgedehntesten Beobachtungen zu ihrer endlichen Feststellung. Namentlich gegen die Existenz eigener Wandungen stritten mehre vortreffliche Beobachter, welche die Capillargefäße nur für in die Substanz ausgehöhlte Rinnen ansehen wollten. Andere glaubten a priori den unmittelbaren Uebergang des Blutes aus den Arterien in die Venen abläugnen zu können; sie nahmen, aller direkten Beobachtung zum Trotze, an, das arterielle Blut gehe in der Substanz der Organe unter, und werde als venöses wieder neu geboren. In anderer Weise hat sich ein Rest dieser Ansicht noch bis in die neueste Zeit bei einigen Beobachtern erhalten, wonach wenigstens in den absondernden Drüsen die feinsten Haargefäße sich direkt in die absondernden Kanäle öffnen sollen. Indeß verhallen solche Stimmen immer mehr und mehr und die Ueberzeugung, daß alle Capillargefäße in sich abgeschlossen sind und nirgends eine Oeffnung zeigen, ist jetzt zum allgemein angenommenen Axiom geworden.

Auf dieselbe Weise wie die Arterien sich allmählig in die Capillaren auflösten, setzen sich aus denselben die Venen zusammen und in dem Bereiche des Capillärkreislaufes ist es unmöglich zu entscheiden, wo die Arterie aufhört, wo die Vene beginnt. Die bewegende Kraft, welche auf das in den Venen befindliche Blut einwirkt, ist ebenfalls einzig und allein der Herzstoß. Da aber dieser schon in den Capillaren sich in einen gleichmäßigen Druck umgewandelt hat, so wird er auch in den Venen in dieser Weise bleiben, wenn gleich immer noch eine geringe Oscillation in dem Drucke sich je nach Systole und Diastole des Herzens bemerken läßt. Aus einer angestochenen Vene, beim Aderlaß z. B. spritzt das Blut in continuirlichem Strome, der abwechselnde Wellen zeigt, die aber nur unbedeutend sind; aus einer verletzten Arterie springt es in Absätzen; es ist etwa der gleiche Unterschied wie zwischen dem Strahl einer Feuerspritze und dem einer einfachen Pumpe ohne Luftkasten. Der Druck, unter dem sich das Blut in den Venen bewegt, ist nur noch gering; die Geschwindigkeit des Blutlaufes ist indeß etwas größer als in den Capillaren, weil durch die allmählige Sammlung der Venen in einzelne Stämme das Blut in stets engere und engere Räume einzutreten genöthigt ist. Das Verhältniß der Aeste zu den Stämmen ist bei den Venen durchaus dasselbe, wie bei den Arterien; der Strom des Blutes geht aber von den Zweigen aus nach dem Stamme hin. Stellen wir uns beide Gefäßsysteme unter dem Bilde zweier, mit der Basis aneinandergelegter Kegel vor, deren Spitzen in dem Herzen sich finden, so geht der arterielle Blutstrom von der Spitze nach der Basis, aus dem engeren in den weiteren Raum und verlangsamt sich deßhalb zusehends; während die venöse Strömung von der Basis zur Spitze gerichtet ist und deßhalb, bei steter Verengerung des ihr angewiesenen Raumes, eine stete Beschleunigung erfährt. In der Nähe des Herzens tritt durch die Erweiterung der Vorkammern bei der Diastole ein neues bewegendes Moment hinzu, indem das Blut durch die Entstehung eines leeren Raumes in den Vorhöfen von diesen angesogen wird, wie das Wasser in einen Gummibeutel,

den wir zusammengedrückt haben und wieder sich ausdehnen lassen, während wir seine Oeffnung in die Flüssigkeit tauchen. Trotz dieser Verhältnisse würde aber der Venenkreislauf den bedeutendsten Störungen unterworfen seyn, wenn nicht durch besondere Klappen im Innern der Venen manchen Uebelständen vorgebeugt wäre. Die Venen haben keine solchen elastischen Wandungen wie die Arterien, sie können dem Drucke der umgebenden Theile bei Bewegungen, Stellungsänderungen ꝛc. keinen Widerstand leisten und dieser Druck ist oft wenigstens stärker als der im Innern der Vene auf das Blut ausgeübte. Dieses würde demnach bei jedem solchem Drucke nach der Peripherie hin zurückgestaucht werden und Hemmungen des Capillarkreislaufes veranlassen, wenn nicht Taschenventile angebracht wären, welche sich dem Rückprallen des Blutes gegen die Peripherie hin entgegen stemmen und das Lumen der Vene verschließen. An den untern Körpertheilen, den Beinen, wo das Venenblut der Schwere entgegen von unten nach oben in die Höhe geschafft werden muß, haben auch diese Ventile den Nutzen, daß sie bei momentanem Nachlasse des Blutdruckes vom Herzen aus das Zurücksinken der Blutsäule nach unten verhindern. Daß sie nicht einzig zu diesem Endzwecke angebracht sind, lehrt ihre Anwesenheit in den Venen des Halses, wo das Venenblut in seinem Strome der Richtung der Schwere folgt, so wie ihre Abwesenheit in solchen Venen, welche keinem Drucke der umgebenden Theile unterliegen können.

Suchen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in einige übersichtliche Sätze zusammenzufassen, so wären diese etwa folgende: Das Blut kreist in beständigem Umschwunge in einem Systeme von durchaus und überall geschlossenen Röhren. Der Kreislauf geschieht stets in derselben Richtung; aus der linken Herzhälfte in den Körper, von dort in die rechte Herzhälfte, aus dieser in die Lungen und aus den Lungen in das linke Herz zurück. Die Arterien sind Leitungsröhren vom Herzen zur Peripherie; die Venen Leitungsröhren von der Peripherie zum Herzen. Die Capillargefäße sind die Vermittler aller Prozesse des vegetativen Lebens, der Ernährung, Auffaugung

und Absonderung. Nur in den Capillargefäßen erleidet das Blut als solches physikalische und chemische Veränderungen. In den Capillaren des Körpers wird es dunkel violett, mit Kohlensäure geschwängert, in denen der Lungen hellroth und sauerstoffhaltig; die Umwandlungen können nur durch Imbibition und Durchdringung der überall geschlossenen Gefäßwandungen vor sich gehen. Die Kraft, welche das Blut bewegt, geht einzig und allein von dem Herzen aus. Das Herz ist eine mit Ventilen versehene Druckpumpe, die nach bestimmten physikalischen Gesetzen eingerichtet ist und diesen gemäß arbeitet.

Und so wäre es denn der Physiologie gelungen, das Herz, das so unruhig bewegte in der Menschenbrust, zu zähmen, ihm Fesseln anzulegen und Gesetze aufzubürden? Es wäre Erdichtung, die Theilnahme, welche wir ihm an unseren Gefühlen zuschreiben, und wenn wir unserer alten Gewohnheit nach reden von stärkerem Schlage unseres Herzens, von freudigem Pochen und angstvollem Erzittern, so wären das nur bildliche Redensarten, schöne Träume einer regen Phantasie? Es wäre uns gegangen, wie dem Peter in Hauffs Mährchen vom Tannenhäuser, dem man das lebendige Herz aus der Brust riß und ein steinernes einsetzte, das zwar auch pochte und das Blut umrieb; das aber keinen Antheil nahm an seinen Leiden und Freuden, das in Liebe und Haß gleichmäßig fortschlug, wie das Ticktack einer Uhr? Nein! wahrlich nein! so weit geht unsere Mechanik nicht. Sie lehrt uns die Gesetze, die physikalischen an dem Herzen und den Gefäßen angebrachten Kräfte kennen, allein Beobachtung und Reflexion zeigen auch, wie sehr die Ausübung dieser Gesetze von einem höheren Leiter, von dem Nervensysteme abhängen und wie sehr jeder dort empfangene Eindruck sich in dem Maße und der Art der Herzbewegungen abspiegelt und reflektirt. Wir täuschen uns nicht, wenn wir in der Begeisterung unser Herz voller schlagen, in der Angst, der Erwartung es krampfhaft erzittern fühlen; wir täuschen uns nur, wenn wir dem Herzen unmittelbar diese Theilnahme zuschreiben; es ist nur der Reflector der von dem Centralorgane des Nervensystemes, dem Gehirne aufgenommenen

Eindrücke und Empfindungen und auf Reizungen, welche von diesen Centralorganen ausgehen, reagirt es sogar weit heftiger, als auf direkt angebrachte Irritation. Daß aber großentheils auf solch engem Zusammenhange des Herzens und seiner Bewegungen mit dem Gehirne der Einfluß des letzteren auf die vegetativen Prozesse des Lebens beruhe, scheint mir keinem Zweifel unterworfen. Kummer, Angst und Sorge reiben den Körper auf; froher Muth, heiterer Sinn, ein gewisses Maß in Affekten und Leidenschaften erhalten die Gesundheit und Lebensfrische. Das sind Erfahrungen, die Jeder im Leben bestätigt finden kann; der Grund des Zusammenhanges dieser Erscheinungen ist nicht so leicht klar zu machen. Aber von der steten Erneuerung des Blutes hängt die Ernährung, die Athmung, das ganze vegetative Leben ab; und die Erneuerung und Bewegung des Blutes sind mit der Herzbewegung selbst auf das innigste verknüpft. Wo der eine Faktor fehlt, da wird auch die ganze Summe unrichtig und wo Uebermaß der Leidenschaften, ungestümer Wechsel der Affekte oder anhaltender Einfluß deprimirender Geistesstimmung die Aktion des Herzens unregelmäßig machen oder lähmend darauf einwirken, da kann auch der Blutlauf und somit die Ernährung des Körpers nicht in gehöriger Weise vor sich gehen.

Zweiter Brief.

Das Blut, die Lymphe und der Chylus.

Das Blut, so wie es aus der geöffneten Ader springt, so wie es im lebenden Körper kreist, ist nicht eine einfache, homogene, rothe Flüssigkeit ohne weitere Zusammensetzung; es besteht aus zwei wesentlichen Formbestandtheilen, den Blutkörperchen und dem Plasma oder der Blutflüssigkeit.

Die Blutkörperchen sind kleine, runde, elastische Scheibchen, welche kaum $^{3}/_{1000}$ Linie im Durchmesser haben. Unter dem Mikroskope erscheinen sie von schwach gelblicher Farbe, in großen Massen angehäuft, sind sie roth und zwar, je nach der Beschaffenheit des Blutes, bald mehr hellroth, bald bläulicher. Ihre Form wechselt selbst bei den Säugethieren, wo sie am kleinsten sind, bedeutend. Bald erscheinen sie in der Mitte eingedrückt, mit dickerem Rande, wie eine Münze oder ein biconcaves Brillenglas; bald vollkommen scheibenförmig mit platten, geraden Flächen; in andern Fällen wieder in der Mitte aufgetrieben mit abgerundetem Rande, wie eine Linse; in den einen läßt sich ein Kern entdecken, in den meisten fehlt eine solche Bildung durchaus. Daß die Körperchen nur halbfest und elastisch seyen, dies beweist namentlich die Untersuchung des Capillarkreislaufes in durchsichtigen thierischen Theilen; sobald irgendwo an einem Zweige, an einer Beugung des Gefäßes eine Stockung der rasch dahin rollenden Blutkörperchen eintritt, wobei sie gedrängt und zusammengedrückt werden, so biegen sie sich auf die mannigfaltigste Art ein und oft sieht man Blutkörperchen, welche, um in ein sehr enges Haargefäß einzudringen, sich verengern und eiförmig werden,

bis sie, in freiere Räume gelangt, ihre ursprüngliche Form wieder annehmen. In kreisendem Blute schwimmen alle Blutkörperchen einzeln und gleiten leicht an einander vorbei; aus der Ader gelassen oder beim Stocken des Kreislaufes legen sie sich gern mit ihren platten Flächen an einander und kleben auf diese Weise zusammen, so daß sie kleine Säulchen bilden, die etwa wie Geldrollen aussehen. Eine complicirtere innere Bildung hat man bei den menschlichen Blutkörperchen bis jetzt noch nicht nachgewiesen; das ganze Körperchen scheint aus demselben schwammigen, elastischen, leicht aufquellenden und gegen Reagentien sehr empfindlichen Stoffe gebildet. In reinem Wasser oder in schwach salzhaltigen Flüssigkeiten quellen die Blutkörperchen durch Wassereinsaugung auf; in gesättigten Salzlösungen schrumpfen sie ein, weil ihnen die Salzlösung Wasser entzieht; nur in dem Plasma und in Lösungen von ähnlichem Concentrationsgrade bleiben die Blutkörperchen unverändert. Sie bestehen aus Faserstoff, Eiweißstoff und einem höchst eigenthümlichen Farbestoffe, dem Blutroth, welches namentlich dadurch merkwürdig ist, daß es die einzige Substanz des Körpers ist, welche Eisen in ziemlich bedeutender Menge enthält. In Wasser löst sich dieses Blutroth leicht auf; Gase und Reagentien aller Art ändern seine ursprünglich blaurothe, violette Farbe auf die mannigfachste Art um. Gase aller Art werden von den Blutkörperchen gierig angesogen und verdichtet; namentlich ist die Verwandtschaft des Blutrothes zum Sauerstoffe sehr groß.

Das Plasma oder die Blutflüssigkeit bildet eine klare, durchsichtige, ungefärbte Flüssigkeit. Es enthält mannigfaltige Stoffe in Auflösung, wodurch es klebrig und schwerer als reines Wasser wird. Einige dieser Stoffe sind für den Haushalt des Organismus zu wichtig, als daß wir sie übergehen könnten. Faserstoff und Eiweißstoff (Fibrin und Albumin) sind wohl die beiden organischen, an Quantität überwiegenden Stoffe des Plasma und in 1000 Theilen normalen menschlichen Blutes wechselt die Menge des Fibrins von 2 bis 3,5 Theilen, während der Gehalt des Eiweißes zwischen 65—70 Theilen schwebt. Die beiden genannten

Stoffe kommen in den meisten Organen und Flüssigkeiten des Körpers vor und namentlich bildet der Faserstoff die Hauptmasse der Muskelsubstanz, während der Eiweißstoff besonders im Gehirne und Rückenmark sich angehäuft findet. Mit einer dritten Substanz, dem Käsestoff, welchen man hauptsächlich nur in der Milch und dem Blute säugender Thiere antrifft, bilden Eiweiß und Faserstoff eine eigenthümliche Gruppe. Man kann sie betrachten als Verbindungen eines organischen, aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff zusammengesetzten Körpers (den man Protein genannt hat), mit verschiedenen Mengen Schwefel und Phosphor. Behält man die organische Basis, das Protein, als Einheit bei, so zeigt es sich, daß der Käsestoff eine Verbindung von 10 Atomen (Verhältnißgewichten) Protein mit einem Atome Schwefel darstellt, während der Faserstoff auf die gleiche Atomenzahl Protein außer einem Atom Schwefel noch ein Atom Phosphor und der Eiweißstoff ebenfalls 10 Atome Protein und ein Atom Phosphor nebst 2 Atomen Schwefel enthält. Die näheren chemischen Eigenschaften dieser Stoffe bieten die mannigfachsten Aehnlichkeiten dar und es ist höchst wahrscheinlich, daß sie mit größter Leichtigkeit einander umtauschen und sich einer in den andern verwandeln können. Was sie namentlich unterscheidet, ist ihre verschiedene Löslichkeit im Wasser. Der Faserstoff findet sich nur im lebenden Plasma aufgelöst; sobald das Blut aus der Ader gelassen wird oder auch, wenn es in den Adern stockt, so gerinnt der Faserstoff und scheidet sich aus; der Eiweißstoff löst sich leicht im Wasser, gerinnt aber, sobald man dieses erhitzt und läßt sich durch Kochen vollständig ausscheiden. Der Käsestoff endlich bleibt bei jeder Temperatur im Wasser gelöst.

Freies Fett sowohl als verseiftes und aufgelöstes Fett findet sich ebenfalls im Plasma, wenn auch in geringer Menge; ja sogar die eigenthümlichen Fette der Gehirnsubstanz (Cerebrin) und der Galle (Cholesterin) befinden sich in dieser Flüssigkeit.

Die Asche, welche nach dem vollständigen Verbrennen des Plasma's zurückbleibt, enthält ein merkwürdiges Gemenge ver-

schiedenartiger, im Körper vorkommender Salze, unter welchen hauptsächlich Kochsalz, phosphorsaure Salze und kohlensaures Natron bemerkenswerth sind; ersteres wegen seiner Beziehung zum Magensafte, die phosphorsauren Natron- und Kalksalze als Auflösung der Knochenerde und endlich das kohlensaure Natron als Vermittler des Kohlensäuregehaltes im Blute und der Rolle wegen, welche dieses Salz in dem Athmungsprozesse spielt.

Außer diesen Bestandtheilen finden sich in dem Plasma noch einige Stoffe, welche für den organischen Haushalt von großer Wichtigkeit sind, die aber, der beständigen Ausscheidung durch die Drüsen halber, nur dann in größerer Menge darin vorkommen, wenn die Thätigkeit der ausscheidenden Drüsen gehemmt ist. Solche Stoffe sind der Harnstoff, der charakteristische Bestandtheil des Urins und der Farbestoff der Galle. Beide finden sich in so äußerst geringer Menge vor, daß gerade nur ihre Anwesenheit nachgewiesen werden kann; eine Bestimmung ihrer Menge ist unmöglich. Die Stoffe, welche in den übrigen Absonderungsflüssigkeiten des Körpers vorkommen, haben keine so charakteristischen Reaktionen, als die beiden genannten und es ist daher auch nicht zu hoffen, daß sie im Blute nachgewiesen werden; allein wahrscheinlich ist es immerhin, daß auch sie darin vorkommen.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Blutes im Ganzen mit derjenigen des Körpers, so wird man durch die Gleichheit der Bestandtheile beider überrascht. Die Hauptorgane des menschlichen Körpers bestehen aus Faserstoff, Eiweiß und Fett; alle diese sind im Blute nachgewiesen, und diejenigen stickstoffhaltigen Bestandtheile des Körpers, welche nicht gerade in ihrer Zusammensetzung mit den genannten Proteinverbindungen übereinstimmen, scheinen doch nur weitere Modifikationen derselben zu seyn. Die Auswurfsstoffe fehlen ebenfalls nicht und die feuerbeständigen Substanzen der Asche sind ihren Elementen nach im Körper wie im Blute gleich. Man hat demnach vollkommen Recht zu sagen, daß das Blut der aufgelöste Organismus sey.

Sobald das Blut aus der Ader gelassen ist, so gerinnt es. Diese Gerinnung ist allein in dem Faserstoffe begründet, der sich meist in der Form von kleinen mikroskopischen Schollen und Blättchen aus dem Plasma niederschlägt und anfangs alle Flüssigkeit und alle Blutkügelchen in sich einschließt, so daß das Blut eine gelatinöse weiche Masse bildet. Nach einiger Zeit aber, bei fortdauernder Contraktion des Faserstoffes, preßt sich die Flüssigkeit nach allen Seiten heraus und dieser Prozeß dauert so lange fort, bis sich das gesammte Blut in zwei Theile geschieden hat: eine gelbliche Flüssigkeit, das Serum und ein rothes, halbfestes Gerinnsel, der Blutkuchen oder Cruor. Verhindert man mittelst heftigen Schüttelns, Schlagens oder Quirlens des Blutes die Einschließung der Blutkügelchen durch den gerinnenden Faserstoff, so bildet sich kein Blutkuchen, der Faserstoff setzt sich in Fäden und unregelmäßigen, weißlichen Flocken an die Stäbchen an, womit man das Blut schlägt. Alle Blutkörperchen bleiben in Folge dieser Operation mit dem Serum zurück. Bei längerem Stehenlassen senken sich die ersteren zu Boden; das helle gelbliche Serum schwimmt oben auf. Der Akt der Gerinnung ist demnach weiter nichts als eine Ausscheidung des Faserstoffes aus dem Plasma; das Serum ist entfaserstofftes Plasma; der Blutkuchen das Resultat der Verbindung des Faserstoffes mit den Blutkügelchen. Für den Arzt ist es außerordentlich wichtig, die Zusammensetzung des Blutes in Krankheiten zu ermitteln; er kann sich auf die leichteste Weise wenigstens über die verhältnißmäßigen Mengen von Serum, Faserstoff, Eiweiß und Blutkügelchen im Blute belehren. Theilt er die bei einem Aderlasse erhaltene Blutmenge in zwei Theile, und läßt die eine ohne weitere Behandlung gerinnen, und einen Blutkuchen bilden, während er die andere Hälfte schlägt und so den Faserstoff allein abscheidet, so braucht er hernach nur die Gewichte des ausgepreßten und getrockneten Faserstoffes und Blutkuchens zu bestimmen, um alle Elemente seiner Rechnung zu besitzen. Durch Subtraktion des Faserstoffgewichtes von dem Gewichte des Blutkuchens erhält er das Gewicht der Blutkörperchen. Ein normales Blut würde auf diese Weise behandelt etwa in

1000 Theilen einen Blutkuchen von 135 Theilen und 865 Theilen Serum liefern. Durch Schlagen würden daraus erhalten werden etwa 2 Theile Faserstoff, mithin würden die 1000 Theile Blut 865 Theile Serum, 133 Theile Blutkörperchen und 2 Theile Faserstoff enthalten. Zur Bestimmung des Eiweißgehaltes genügt es, das Serum zu kochen und das so erhärtete Eiweiß zu wiegen. Alle diese Operationen indeß können nur Andeutungen geben; ihre Resultate sind nicht hinreichend genau, um Schlüsse zu erlauben. Eine genaue Analyse des Blutes, wie sie bei Krankheiten nöthig ist, ist Aufgabe eines durchaus gebildeten Chemikers; — wir dürfen sogar behaupten, daß es bei den jetzigen Untersuchungsmethoden zur Zeit noch unmöglich ist, über gewisse Veränderungen des Blutes in Krankheiten Aufschluß zu ertheilen.

Auf welchem chemischen Prozesse die Gerinnung des Blutes beruhe, ist eine noch unerledigte Frage. So viel scheint gewiß, daß die Berührung mit dem Sauerstoffe der Luft den wesentlichsten Einfluß darauf habe, daß sie aber nicht die einzige Ursache dieses annoch räthselhaften Vorganges sey. Viele Substanzen, namentlich concentrirte Salzlösungen, hindern die Gerinnung ganz; andere verzögern sie.

Die Blutkörperchen sind spezifisch schwerer, als das Plasma; sie sinken in demselben zu Boden. Die Gerinnung des Blutes tritt meist so schnell ein, daß die Blutkörperchen keine Zeit haben, sich zu senken und das ganze Blut zu einer gleichförmig rothen Masse gesteht. In sehr faserstoffhaltigem Blute aber verbinden sich die Blutkörperchen schnell zu Säulchen und Geldrollen; sie senken sich in diesem Zustande weit schneller, weil sie durch ihre Verbindung weniger Fläche darbieten und somit auch der Widerstand der Flüssigkeit gegen ihren Fall geringer ist. Der an der Oberfläche des Blutes gerinnende Faserstoff schließt dann keine Blutkörperchen ein; die rothe Farbe fehlt ihm demnach; er ist gelblich, fast ungefärbt und bildet eine hautartige Ausbreitung auf der Oberfläche des Gefäßes, die Speckhaut. Es ist eine bekannte Sache, daß diese Speckhaut sich stets auf stark faserstoffhaltigem Blute findet, bei entzündlichen Krankheiten, Schwangeren ꝛc. und daß ihre Bildung nicht auf einer zeitlichen

Verzögerung der Gerinnung, sondern auf der durch die Säulchenverbindung bedingten schnelleren Senkung der Blutkörperchen beruht.

Die spezifischen Unterschiede der beiden Blutarten, nämlich des arteriellen (rothen) und des venösen (blauen) Blutes, sind bedeutender in quantitativ-chemischer, als in morphologischer Hinsicht. Man hat bis jetzt keine constanten Formverschiedenheiten zwischen den Blutkörperchen dieser Blutarten entdecken können, nur so viel scheint sicher, daß die Schwankungen hinsichtlich der Größe derselben im venösen Blute bedeutender sind. Die Farbe bleibt noch immer der sicherste Charakter; selbst in sehr verdünnten Lösungen zeigt sich die Verschiedenheit der Nüance noch deutlich. Das spezifische Gewicht des arteriellen Blutes ist auffallender Weise, den meisten Beobachtern zufolge, geringer als das des blauen (venösen) Blutes, und wenn gleich der Gehalt an Faserstoff in ihm bedeutender ist und deßhalb die Gerinnung bei ihm schneller beginnt und in kürzerer Zeit beendet ist, so findet sich doch auf der andern Seite ein geringerer Gehalt an Blutkörperchen im arteriellen Blute und das Plasma ist im Allgemeinen weniger concentrirt. Wir müssen diese Resultate hinnehmen, so wie sie die Chemie uns gibt; allein es ist nicht zu verkennen, daß sie mit den Ergebnissen des Athmungsprozesses nur schlecht in Einklang stehen. Diesem zu Folge sollte das arterielle Blut weniger Wasser enthalten, concentrirter seyn, als das venöse, da in dem Athmungsprozesse Wasser ausgeschieden wird. In der That geben auch einige Chemiker das arterielle Blut als concentrirter und weniger wässerig an als das venöse; allein die Mehrzahl widerspricht dieser Behauptung. Vielleicht hängt der größere Wassergehalt des arteriellen Blutes von der Zufuhr der Lymphe ab; diese ist bekanntlich viel wässeriger als das Blut und da sie sich unmittelbar vor dem Herzen in den venösen Strom ergießt, so betreffen die an venösem Blute angestellten Untersuchungen nur solches Blut, welchem sich die Lymphe noch nicht beigemischt hat.

Der Gehalt an Gasen, welche in dem Blute enthalten sind,

scheint sehr nach den Umständen zu wechseln. In einem späteren Briefe werden wir genauer zu bestimmen suchen, an welche Bestandtheile des Blutes diese Gase gebunden sind; hier genügt es zu wissen, daß man durch die Luftpumpe sowohl, als auch durch Schütteln mit indifferenten Gasarten aus dem Blute Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff entwickeln kann und zwar in folgenden Verhältnissen.

1000 Vol. Blut geben:

	Pferdeblut		Kalbsblut	
	Arterielles	Venöses	Arterielles	Venöses
Kohlensäure	70,2	47,0	71,0	55,6
Sauerstoff	25,0	12,0	28,1	9,6
Stickstoff	9,9	7,0	18,1	6,4
	105,1	66,0	117,2	71,6

Es geht aus einer einfachen Vergleichung hervor, daß das arterielle Blut im Ganzen bei weitem mehr Gase enthält, als das venöse, und daß außerdem zwar die relative Menge des Sauerstoffes bedeutend erhöht sey, dagegen auch die absolute Kohlensäuremenge bedeutender ausfalle als im venösen Blute; ein Resultat, welches freilich leider eben so wenig mit den aus den chemischen Bedingungen des Athemprozesses hervorgehenden Thatsachen stimmt, als der Wassergehalt der beiden Blutarten. Jedenfalls ist die Untersuchung des Gasgehaltes des Blutes eine der schwierigsten in der organischen Chemie und die Sicherheit der dadurch zu gewinnenden Resultate bei weitem nicht so groß, als die aus der Untersuchung der Athmungsprodukte hervorgehenden Folgerungen.

Das Verhältniß der Gase zum Blute ist sehr eigenthümlich und höchst wichtig zum Verständniß des Athmungsprozesses. Sauerstoff mit blauem Blut geschüttelt, färbt dasselbe hochroth und entbindet Kohlensäure; Kohlensäure mit arteriellem Blute geschüttelt, färbt dessen rothe Farbe blau und wird verschluckt, aber ohne daß Sauerstoff entbunden würde. Durch Schütteln des so blau gefärbten Blutes mit Sauerstoff wird die hochrothe Farbe wieder hergestellt. Die Anwendung dieser Verhältnisse auf die

Theorie des Athemprozesses wird sich in einem späteren Briefe ergeben.

So wie das Blut in stetem Kreislaufe, in beständigem, mechanischem Umschwunge durch den Körper sich befindet, so ist es auch in gleicher Weise in stetem Wechsel der Bestandtheile, in continuirlicher Umbildung, Zersetzung und Erneuerung begriffen. Schon an den Blutkörperchen selbst hat man die mannigfachsten Anzeigen beständiger Umbildung wahrgenommen. Die Einen werden sehr schnell von Reagentien angegriffen, während die Andern, welche daneben liegen, nur sehr langsam der Zerstörung nachgeben; hier sieht man, in ganz gesundem Blute, einzelne aufgeschwollene, scheinbar in Auflösung begriffene Körperchen; dort andere, in deren Innerem körnige Bildungen, Krümchen oder Kerne auf eine niedere Stufe oder Bildung deuten, während wieder andere, ohne Kerne, auf der höchsten Stufe der Entwicklung angekommen zu seyn scheinen.

Die Regeneration des Blutes ist hauptsächlich durch ein sekundäres Gefäßsystem bedingt, welches mit dem Blutgefäßsysteme in Zusammenhang steht, und das man das Lymphsystem genannt hat. In allen Theilen des Körpers, mit Ausnahme der Knochen und des Gehirnes, finden sich feine, dünnwandige Kanäle, welche mit blinden Enden oder mit maschenförmigen Netzen in dem Parenchyma beginnen, sich allmählig zu Stämmen zusammensetzen, die meist den Hauptblutgefäßen folgen und endlich in einem großen Hauptstamm, dem Milchbrustgang, sich sammeln. Der Milchbrustgang läuft längs der Wirbelsäule im Innern der Brusthöhle hinan und ergießt sich in die linke Schlüsselbeinvene. Die Lymphgefäße zeichnen sich durch mehre Eigenthümlichkeiten vor den Blutgefäßen aus. Vor allen Dingen enthalten sie eine so große Anzahl von inneren Klappen, daß sie meist, nach der Einspritzung, wie Perlschnüre aussehen, die man aneinander gereiht hätte. Außerdem sind ihre Wände dünner und die Zweige bei weitem weniger zu einzelnen Stämmen gesammelt. Selbst die größeren Stämme bilden mehr netzförmige Räume und nehmen sich etwa aus, wie

ein mit reichlichen Inseln versehener Fluß. Außerdem sind die contractilen Ringfasern in ihren Wänden bedeutend entwickelt und meist in verhältnißmäßig weit größerer Thätigkeit als in den Blutgefäßen. Sie reagiren durch Zusammenziehung sehr intensiv auf äußere Reize, und es ist nicht selten, bei Vivisektionen Zusammenziehung des Milchbrustganges und der größeren Lymphgefäße zu sehen. Diese Ringfasern sind indeß auch der einzige mechanische Apparat an den Lymphgefäßen zur Fortschaffung des flüssigen Inhaltes. Bei dem Blutgefäßsystem ist der mechanische Apparat auf einen einzigen Centralpunkt, das Herz, zusammengezogen; bei den Lymphgefäßen sind die bewegenden Momente über den ganzen Verlauf verbreitet. Von Stelle zu Stelle, von der Peripherie gegen den Milchbrustgang hin fortschreitend ziehen sich die Ringfasern zusammen und pressen die in dem Lymphgefäße enthaltene Flüssigkeit nach beiden Richtungen hin aus. Allein dem Ausweg gegen die Peripherie hin stemmen sich die zahlreichen Klappen entgegen; die Flüssigkeit wird demnach gegen den Milchbrustgang hingetrieben. Sobald die Zusammenziehung nachgibt und das Gefäß sich öffnet, so strömt natürlich von der Peripherie her wieder neue Lymphe ein, die durch eine neue Contraktion wieder weiter geschafft wird.

Unstreitig ist indeß diese selbstständige Zusammenziehung der Lymphgefäße nicht das einzig wirksame Moment zur Fortbewegung ihres Inhaltes. Man hat die Bemerkung gemacht, daß in starren Theilen, die keiner selbstständigen Bewegung fähig sind, keine Lymphgefäße vorkommen, während sie da, wo Muskelcontraktionen und räumliche Wechsel aller Art sich finden, in großer Anzahl vorhanden sind. Der abwechselnde Druck der umgebenden Theile wirkt gewiß ganz in derselben Weise, wie die selbstständige Contraktion. Er treibt die Flüssigkeit vorwärts und bei seinem Aufhören strömt wieder neue aus der Peripherie ein, welche, der Stellung der Klappen nach, bei erneutem Drucke weiter befördert wird.

Die Anfänge der Lymphgefäße im Gewebe sind noch nicht so gekannt, wie es wünschbar wäre. Die Anordnung der

Klappen, welche bis in die feinsten Aeste hin sich erhält, läßt jede feinere Injektion der letzten Zweiglein unmöglich erscheinen und andererseits gelingt es bei der hellen Farbe der darin eingeschlossenen Flüssigkeit nicht, so leicht die feinsten Lymphgefäße zu finden, als dies beim Blute möglich ist, wo die Capillaren durch die rothe Farbe der darin schwimmenden Blutkügelchen sich so sehr auszeichnen. Jedenfalls ist es, nach der Analogie der Darmzotten, innerhalb deren man die mit Milch gefüllten Saugadernanfänge gesehen haben will, wahrscheinlich, daß sie mit einzelnen kolbenförmigen Enden beginnen und nicht mit einem Maschennetze, wie einige Forscher wollten.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Lymphgefäße besteht in den zahlreichen Drüsen, durch welche sie hindurch gehen. Diese, recht uneigentlich so genannten Gebilde, welche sich namentlich in der Achselgrube und der Schenkelbeuge, so wie in dem Gekröse in sehr großer Menge befinden, bestehen aus kleinen, oft haselnuß- oder selbst taubeneigroßen halbfesten Körpern, innerhalb deren die eintretenden Lymphgefäße sich in eine Menge verwickelter Zweige zerlegen, und auf welchen sich ziemlich bedeutende Blutgefäße verzweigen. Wahrscheinlich enthalten diese Lymph- oder Saugaderdrüsen gar keine eigentliche Drüsensubstanz, sondern sie sind bloße Gefäßknäuel, innerhalb deren die Lymphe eine merkliche Veränderung erfährt.

Der Beschaffenheit der Flüssigkeit nach, welche in den Lymphgefäßen nach dem Venensystem zugeleitet wird, unterscheidet man zwei Arten von Saugadern; die eigentlichen Lymphgefäße mit klarem, hellem, durchsichtigem Inhalte, welche aus allen Theilen des Körpers stammen und die Chylus- oder Milchgefäße, welche von dem Darmkanal ausgehen und sich durch ein meist trübes, milchiges Ansehen der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit auszeichnen.

Die Lymphe selbst, welche man schon in einigen seltenen Fällen aus Wunden am Fußrücken in ziemlich reichlicher Menge sammeln konnte, bietet in morphologischer und chemischer Hinsicht viel Aehnlichkeit mit dem Blute dar. Sie gerinnt wie dieses, bildet, indem ihr Faserstoff die in ihr enthaltenen Körperchen

umhüllt und einschließt, einen Kuchen wie das Blut, der nur dadurch sich unterscheidet, daß er farblos ist. Es schwimmen in ihr Körperchen, welche mit den farblosen Körperchen, die man im Blute in geringer Anzahl findet, identisch sind, und an denen man deutlich einen Kern und eine Schale unterscheiden kann; sie sind bedeutend größer als die Blutkörperchen.

Der Chylus oder Milchsaft unterscheidet sich durch seinen bedeutenden Gehalt an Fett von der Lymphe. Dies Fett ist in kleinen Tröpfchen und Kügelchen in ihm abgelagert, und der Chylus erhält dadurch ein emulsionsartiges Ansehen. Die Menge dieses Fettes richtet sich durchaus nach der Nahrung. Bei hungernden Thieren ist der Chylus blaß, selbst ganz durchsichtig; bei Genuß von stärkemehlhaltigen Substanzen wenig trübe, mehr noch nach Fleisch und Milch, völlig weiß und undurchsichtig nach Genuß von Butter.

Je näher der Chylus und die Lymphe dem Blutgefäßsysteme kommen, desto ähnlicher werden sie auch dem Blute selbst, ohne indeß dessen Zusammensetzung gänzlich zu erreichen. Die Körperchen selbst, so wie die Flüssigkeiten werden allmählig röthlich, und namentlich scheint die Milz wesentlich zu dieser Röthung der Lymphe beizutragen. Indeß wandeln sich die Lymphkörperchen innerhalb des Milchbrustganges noch nicht in vollkommene Blutkörperchen um, eben so wenig als der Chylus selbst in seiner Zusammensetzung dem Blute gleicht. Eine nähere Vergleichung der Analysen beider Flüssigkeiten gibt die Unterschiede deutlich zu erkennen.

Hundert Theile Pferdeblut enthalten 81,0 Wasser und 19,0 feste Stoffe; Katzenblut etwa eben so viel; während der Chylus des Pferdes 93,5 Wasser und 6,5 feste Stoffe, derjenige der Katze auf 90,5 Wasser und 9,5 feste Stoffe enthält. Berechnet man, um eine Basis der Vergleichung zu haben, die festen Bestandtheile in Prozenten, so erhält man folgende Resultate.

	Pferdeblut	Pferdechylus	Katzenblut	Katzenchylus
Körperchen	48,8	6,2	61,0	
Eiweiß	42,2	47,8	32,1	51,9
Extractivstoff	2,7	9,7		
Faserstoff	1,5	1,2	1,3	1,3
Fett	0,8	23,2	1,4	34,7
Alkalische Salze	3,5	10,6	0,8	2,4
Erdige Salze	0,2	1,3	0,3	2,2
Eisen	0,3	Spuren	0,3	Spuren
		Kochsalz	2,8	7,5
	100,0	100,0	100,0	100,0

Die Unterschiede beider Flüssigkeiten springen in die Augen. Während der Chylus im Ganzen wasserhaltiger ist, als das Blut, so bieten die relativen Faserstoff- und Eiweißmengen nur geringe Verschiedenheit dar, während dagegen in dem Chylus eine bedeutende Menge Fett die fehlenden Körperchen ersetzt. Der Chylus bietet demnach eine beständige Ersatzquelle der stickstoffhaltigen Proteinsubstanzen, des Faserstoffes und Eiweißes, während er zugleich einen Ueberschuß von Fett und Wasser in das Blut einführt. Auch die Salze sind relativ in weit bedeutenderer Menge im Chylus, als in dem Blute vorhanden. Noch mehr als der Chylus, nähert sich die Lymphe dem Blute in ihrer Zusammensetzung, da sie nur wenig Fett enthält; sie läßt sich fast als unverändertes Plasma betrachten.

Berücksichtigt man nun, daß die Lymphe und der Chylus in unmittelbarer Nähe des Herzens in die Schlüsselbeinvene ergossen werden, und nur das rechte Herz und die Lungen zu durchlaufen haben, um in den arteriellen Blutstrom zu kommen, so läßt sich schon a priori das wahrscheinliche Schicksal der einzelnen Bestandtheile des Chylus und der Lymphe errathen. Das überschüssige Wasser dunstet theils in den Lungen aus, theils wird es in den Nieren abgeschieden; die Lymphkörperchen bilden sich im Blutstrome allmählig zu Blutkörperchen um; die überschüssigen Salze werden in den Nieren, dem Sekretionsorgan der salzigen Bestandtheile entfernt, Faserstoff und Eiweiß bleiben

in dem Plasma und ersetzen die demselben durch die Ernährung der Theile zugefügten Verluste. Das Fett löst sich großen Theils im Plasma auf und wird von diesem an bestimmten Orten abgesetzt.

Die Abhängigkeit, in welcher die Bildung des Chylus von der Art der Nahrung steht, ist so groß, daß man mit vollem Rechte zur Aufstellung des Satzes berechtigt ist, daß der Chylus zweier gleich genährter Thiere aus verschiedenen Gattungen nicht so verschieden ist, als derjenige zweier ungleich genährter Thiere derselben Gattung. Es beweist dies auf das Bestimmteste, daß den auffaugenden Milchgefäßen des Darmes keine Auswahl unter den ihnen dargebotenen Stoffen des Darminhaltes frei steht, sondern daß sie aufnehmen, was gerade absorptionsfähig ist. Stände ihnen eine Auswahl zu, so würde die Qualität des Milchsaftes nicht mit den Nahrungsmitteln in Verhältniß stehen, sondern vielmehr bei einer und derselben Thiergattung stets dieselbe Zusammensetzung haben, was, wie erwiesen ist, nicht statt hat. Da mithin der Chylus in so naher Wechselwirkung mit dem Blute und der Blutbereitung steht, so ist diese auch wieder durchaus von der Art der Ernährung abhängig und es ist sonach von der größten Wichtigkeit für die Wohlfahrt des ganzen Körpers, daß die Aufnahme von Nahrungsmitteln den Bedürfnissen der Blutmasse gehörig angepaßt sey. Wir werden in einem der folgenden Briefe darzuthun versuchen, daß die Milchgefäße hauptsächlich die Regenerationsquelle des Blutplasmas bilden, daß demnach von ihnen die normale Ernährung des Körpers großen Theils abhängt, während trotz der starken, in den Blutgefäßen des Darmes thätigen Auffaugung, diese weniger die normalen, als die zufälligen Bestandtheile des Plasmas aufnehmen.

Dritter Brief.

Die Verdauung.

Die Maschine des Organismus bedarf einer beständigen Speisung, einer steten Zuführung von Substanzen, aus welchen die im Umschwunge des Stoffwechsels zersetzten Theile des Organismus wieder aufgebaut werden. Zu dieser Stoffaufnahme hat die Natur in dem thierischen Körper ein eigenthümliches Rohr geschaffen, welches in den höheren Thieren an beiden Enden geöffnet ist; einerseits um die zur Nahrung bestimmten Substanzen aufzunehmen, und am anderen Ende, um die Reste, welche nicht aufgenommen wurden, auszuwerfen. Dies Rohr heißt der Darmkanal oder Nahrungskanal. Seine äußeren Formen, so wie seine inneren Bildungen wechseln in größter Mannigfaltigkeit, je nach der Beschaffenheit der Nahrung und der Eigenthümlichkeit der Gattung. Im Allgemeinen besitzen fleischfressende Thiere ein kürzeres, weniger gewundenes Darmrohr, an welchem nur ein größerer Behälter, der Magen angebracht ist; pflanzenfressende Thiere dagegen sind mit längerem, vielfach gewundenem Darmschlauche versehen, und nicht nur ist der Aufnahmbehälter, der Magen, öfter mehrfach vorhanden, sondern auch an andere Stellen sind zuweilen seitliche Ausstülpungen, Blinddärme angebracht, in welchen die der Verdauung unterworfenen Nahrungsstoffe länger verweilen. Die innere Bildung des Darmrohres selbst ist, bei den höheren Thieren namentlich, nach einem und demselben Typus angelegt. Man unterscheidet drei Schichten: eine innerste Schleimhautschicht, aus wenigen Zellgewebefasern gewebt, mit einem Ueberzuge kernhaltiger Zellen versehen, welche

in unmittelbare Berührung mit dem Speisebrei treten. In dieser Schleimhautschicht finden sich eine große Zahl von Drüsen in mannigfaltigen Formen der Ausbildung, welche die verschiedenen Darmsäfte aussondern, die bei der Verdauung thätig sind. Außerdem ist die Schleimhaut das auffaugende und assimilirende Organ; sie bildet eine Menge Zotten, Falten und Vorsprünge, welche in die Darmhöhle hineinragen und in deren Innerem sich zahlreiche Blut- und Lymphgefäße verzweigen. Die Schleimhautzellen haben nirgends Oeffnungen; alle Stoffe, welche durch sie aufgenommen werden sollen, können nur in flüssigem Zustande durch die auskleidende Zellenschicht hindurch in die Blutgefäße und den im Centrum der Zelle befindlichen Lymphkanal gelangen. Aeltere Anatomen, welchen die Struktur der Zellen des thierischen Körpers noch unbekannt war, hielten die dunklen Kerne dieser Zellen für Oeffnungen in den Zotten, und schlossen daraus, daß die Lymphgefäße mit offenen Enden die Stoffe auffaugten; neue Untersuchungen haben die wahre Natur dieser dunkeln Punkte und die Struktur der letzten Enden der Lymphgefäße dahin aufgeklärt, daß die vermeinten Oeffnungen solide Kerne sind, während im Innern der Zotte eine blinde, oft keulenförmige Höhle existirt, welche den Anfang der Milchgefäße darstellt. Außerhalb dieser, gleichsam die chemische Funktion des Darmkanales repräsentirenden Schleimhautschicht findet sich eine Muskelschicht, bestimmt auf mechanische Weise die im Inneren des Darmes aufgehäuften Nahrungsstoffe allmählig gegen den Ausgang hin zu befördern. Zu diesem Endzwecke ist die Muskelschicht aus einzelnen meist queren Muskelfasern gewebt, welche ringförmig um das Rohr herumlaufen und durch ihre, der Willkühr nicht unterworfenen Zusammenziehungen wellenförmig von oben nach unten fortschreitende Bewegungen veranlassen, welche die Physiologen mit dem Namen der peristältischen Bewegungen zu bezeichnen gewohnt sind. Eine dritte äußerste Schicht endlich ist aus einer sehr glatten schlüpfrigen Haut gebildet, deren glänzende, stets feucht erhaltene Oberfläche das Gleiten der Darmstücke bei ihren Bewegungen sehr befördert. Diese Schicht ist

eine Fortsetzung des die ganze Bauchhöhle auskleidenden Bauchfelles, und überall bildet das Bauchfell, wenn es den Darm überzieht, Duplikaturen, an denen der Darm hängt, etwa wie die umgeschlagene Laufröhre an einem Vorhange. Das Gekröse und die Netze sind solche Duplikaturen des Bauchfells, durch sie ist der Darm befestigt, allein zugleich ist seinen Bewegungen ein weiter Spielraum gelassen.

Die Verdauung als solche, d. h. die Veränderung, welche die Speisen innerhalb des Darmrohres von der Mundhöhle an bis zu ihrem Austritte erleiden, ist ein rein chemischer Prozeß, der, unter denselben Bedingungen außerhalb des Körpers wiederholt, ganz dieselben Resultate liefern würde. Es treten hier nicht, wie man so oft geglaubt hat, vitale Kräfte ins Spiel, deren Analyse uns unmöglich ist; das Leben des Organismus ist nur insofern dabei thätig, als es die zu verdauenden Stoffe in der nöthigen Temperatur erhält, die zur Zersetzung dienenden Säfte und Reagentien liefert, die Filter zur Abscheidung der gelösten Substanzen herstellt und endlich die zur Fortschaffung der ungelösten Stoffe angewiesenen Kräfte in Anwendung bringt. Der Prozeß der Verdauung selbst aber ist der unmittelbaren Einwirkung des Organismus eben so gut entzogen, als jeder andere chemische Prozeß im Körper. Man hat schon oft darauf aufmerksam gemacht, daß die zur Verdauung vom Körper angestellten Operationen denen des Chemikers in vieler Beziehung ähneln. Zuerst wird die Substanz zwischen den Zähnen zerkleinert, zerschnitten, zerrieben und mit einer indifferenten Flüssigkeit, dem Speichel, gemischt. Nachdem sie so zur Einwirkung der verschiedenen lösenden Flüssigkeiten vorbereitet ist, so wird sie in einer größeren Blase, dem Magen, dann in einem längeren Rohre, dem dünnen und dicken Darme mit verschiedenen Säften ausgezogen, die Lösungen durch die Schleimhaut abfiltrirt und von Blut- und Lymphgefäßen aufgenommen und der unbrauchbare Rest endlich, nach vollendeter Operation, weggeworfen.

Man hat dem Kauen und der dabei stattfindenden Tränkung der Nahrungsmittel durch den Speichel nur den oben

bezeichneten mechanischen Einfluß der Zerkleinerung und Einweichung zuzuschreiben. Es ist durch entscheidende Versuche erwiesen, daß der Speichel keine direkte verdauende Kraft besitzt; Speisen, welche unmittelbar in den Magen gebracht wurden, ohne vorgängige Einspeichelung, wurden eben so schnell verdaut, als solche, die auf dem gewöhnlichen Wege dahin gelangten. Indessen ist nicht zu läugnen, daß der Speichel namentlich durch seine Vermischung mit dem Mundschleime die Fähigkeit hat, eine große Menge von Luft, etwa wie Seifenwasser, einzuschließen und so in den Magen hinabzuführen. Der Sauerstoff der Luft aber, welcher auf diese Weise in den Magen gelangt, ist zu der Verdauung einiger Substanzen, namentlich der stärkmehl- und gummihaltigen, ein wesentliches Förderungsmittel. Zur Verdauung der proteinhaltigen Nahrungsmittel, des Faserstoffes und Eiweißes ist die Beihülfe des Sauerstoffes nicht wesentlich; deßhalb sehen wir auch bei fleischfressenden Thieren das Kauen und die Einspeichelung nur sehr unvollständig geschehen; ihr Speichel selbst ist wässriger und weniger schaumig. Pflanzenfresser dagegen haben Backzähne mit stumpfen breiten Kronen, zum Mahlen und Zerreiben tauglich, sie kauen die Nahrung vollständig und verwandeln sie schon im Munde mit Beihülfe eines schaumigen, sehr lufthaltigen Speichels in einen Brei, der sogar bei den Wiederkäuern zum zweiten Male aus dem Magen in die Mundhöhle heraufbefördert wird, um von neuem zerkleinert und mit einer neuen Sauerstoffmenge durchknetet zu werden.

Die Nahrungsmittel gelangen schluckweise, in Form von Bissen, sobald sie fest sind, in den Magen, einen einfachen Sack mit dünnen, muskulösen Wänden. Es ist eine fast allgemein verbreitete Ansicht, nicht nur unter dem Volke, sondern selbst unter den Gebildeten, daß der Magen eine zweite mechanische Zerkleinerung vornehme, daß er die Speise von neuem zerreibe. Dies ist durchaus falsch, und von der Ansicht der Mägen des uns gewöhnlich zur Speise dienenden Geflügels, der Hühner und Enten, hergeleitet, die freilich einen zur Zerreibung der Körner eingerichteten Magen haben. Bei dem Menschen beschränkt sich

die Thätigkeit der Muskelwände auf unbedeutende Zusammenziehungen und Aufblähungen, wodurch der Inhalt des Magens im Sacke von oben nach unten gegen die Pförtnerklappe hin getrieben und wenn er nicht durch diese hinaus in den Darm tritt, wieder längs des oberen Magenrandes nach der Eintrittsöffnung zurückbewegt wird, so daß der Speisebrei (Chymus) im Kreise herum längs der Magenwände sich fortwälzt.

Das einzige Element, wodurch die Verwandlung der Speisen in einen gleichförmigen Brei bewirkt wird, ist der Magensaft, eine schwach saure Flüssigkeit, welche von den mannigfachen Drüsen der Magenschleimhaut abgesondert wird. Schon ältere Versuche hatten diese Einwirkung des Magensaftes als unzweifelhaft dargestellt. Man hatte Hühner, Enten und Hunde kleine Blech- oder Holzbüchschen verschlingen lassen, deren Wände durchlöchert waren, so daß die darin enthaltenen Nahrungsstoffe zwar von dem Magensafte durchdrungen, die Speisen selbst aber in keine Berührung mit den Magenwänden kommen konnten. Indem man nach einigen Stunden die Büchschen wieder an den Fäden, woran man sie befestigt hatte, hervorzog, konnte man die Einwirkung der stattgehabten Verdauung beurtheilen. Man fand dann die Büchschen leer, die darin enthaltenen Substanzen waren aufgelöst, verdaut worden durch die alleinige Einwirkung des Magensaftes.

Die chemische Zusammensetzung des Magensaftes wechselt außerordentlich nach den verschiedenen Zuständen des Magens selbst. In nüchternem Zustande wird nur sehr wenig und kaum saurer Magensaft abgesondert; bei Anfüllung mit Speisen ist auch die Absonderung und die Säuerung bedeutender. Selbst die Bestandtheile des Sekretes scheinen in bestimmten Grenzen zu wechseln. So haben sich die Chemiker noch nicht über die Qualität der freien Säure des Magensaftes einigen können; bald fand man nur Salzsäure, bald Essig-, Milch- oder Buttersäure; bald alle diese Säuren zusammengenommen, und es scheint die Wirkung dieser verschiedenen Säuren im Magensafte nur dem Grade nach verschieden zu seyn. Nach neueren Untersuchungen

existirt im Magensafte nur Milchsäure in freiem Zustande; alle anderen Säuren, welche darin vorkommen, sind an besondere Basen gebunden und demnach als phosphorsaure, salzsaure und schwefelsaure Salze vorhanden. So viel steht sicher, daß nur ein sauer reagirender Magensaft verdaut und die Speisen chymificirt; dagegen ein neutraler oder alkalischer keine verdauende Wirkung ausübt. Es war natürlich, daß man nach Erkenntniß dieser Thatsache, auch der freien Säure im Magensafte allein die verdauende Kraft zuschrieb. Allein die Erfahrung, daß bei allzu saurem Magensafte, bei dem sogenannten Sodbrennen, die Verdauung nicht nur nicht gefördert, sondern im Gegentheil behindert war, ließ schon sehr an der Richtigkeit dieser Ansicht zweifeln und vergleichende Versuche ließen sie durchaus verwerfen. Speisen mit Magensaft außerhalb des Körpers in Gläschen digerirt, wurden verdaut, während verdünnte Säure keine oder nur äußerst geringe auflösende Kraft zeigte, die in keinem Verhältniß mit derjenigen des Magensaftes stand.

Nach den mannigfachsten Versuchen gelang es endlich aus dem Magensafte eine organische Substanz abzuscheiden, welche ohnstreitig das verdauende Prinzip in sich trägt, und deßhalb auch das Pepsin genannt wurde. Es gelang einen Weg zu zeigen, auf dem man sich diesen Stoff, freilich unrein, in reichem Maße verschaffen konnte. Man braucht nur einen thierischen Magen mit Wasser auszulaugen und die so erhaltene Flüssigkeit mit einer angemessenen Quantität Säure zu versetzen, um eine dem Magensafte durchaus analoge Flüssigkeit zu erhalten. Fleisch, Eiweißwürfel ꝛc. werden in diesem künstlichen Magensafte, sobald man die Mischung in der gehörigen Wärme erhält, ganz so verdaut, als wie in dem lebenden Magen auch; die Substanzen zerfallen, werden durchscheinend und endlich zu einer trüben dicklichen Flüssigkeit, in einen wahren Speisebrei verwandelt. Das Pepsin selbst wirkt in ungemein geringem Verhältniß; es braucht nur $^1/_{6000}$ des, so rein als es bis jetzt möglich war, dargestellten Stoffes in der Flüssigkeit vorhanden zu seyn, und sie zeigt noch verdauende Kraft; nach der Verdauung findet sich die

gleiche Menge Pepsin in der Flüssigkeit wieder. Es ist mithin nicht durch Verbindung mit den Nahrungsstoffen, wodurch das Pepsin auflösend wirkt; etwa wie Silberoxyd von Salpetersäure aufgelöst wird, weil sich die beiden Stoffe zu einem löslichen Salze verbinden; sondern das Pepsin wirkt einzig durch seine Gegenwart in der Mischung ein, gerade so wie Hefe die Gährung einleitet, ohne weiter dadurch verändert zu werden. Man hat diese Wirkungsart der Stoffe auf einander, wo sie sich gegenseitig nur durch ihren Contakt zersetzen, die katalytische Wirkung genannt; das Pepsin trägt durch katalytische Kraft zur Auflösung der Nahrungssubstanzen bei. Daß das Pepsin zu derselben Klasse von Körpern, wie die Hefe, die Diastase, vielleicht auch einige thierische Gifte gehöre, welche, selbst in steter Zersetzung begriffen, die mit ihnen in Berührung kommenden Körper ebenfalls zu schleuniger Zersetzung bestimmen, ist wahrscheinlich, indeß kann man über seine Natur nur Vermuthungen hegen, da es bis jetzt noch nicht rein dargestellt werden konnte.

Indeß ist das Pepsin für sich allein nicht im Stande die Chymificirung und Auflösung der Nahrungsstoffe zu bewirken. Eine gewisse Quantität Säure gehört stets mit zu diesem Prozesse. Eine neutrale oder alkalische Pepsinauflösung verdaut nicht; eben so wenig als eine Auflösung reiner Säure; beide Flüssigkeiten mit einander vermischt verdauen; die Magenverdauung ist demnach ein etwas verwickelter Prozeß; es gehören dazu nothwendig zwei Elemente, Säure und Pepsin und beide in angemessener Quantität.

Das Resultat der Magenverdauung ist ein gleichförmiger, weißlicher Brei, der Chymus oder Speisebrei, der seiner Vermischung mit dem Magensafte zu Folge sauer reagirt. Daß dieser Brei keine vollständige Auflösung der Nahrungsmittel darstelle, ist klar; es ist ein Gemenge, in dem einige Substanzen wirklich aufgelöst, andere chemisch verändert, noch andere nur aufgeweicht sind; namentlich ist dies der Fall mit den organischen Stoffen, welche ihre Struktur gänzlich verlieren, mit Ausnahme der Holzfaser und der hornigen Theile; — Federn, Klauen,

Haare, Spelzen und Schalen der Früchte erhalten sich unverändert im Magen. Das genossene Fett wird bei der hohen Temperatur von 30° R., die im Magen herrscht, meist flüssig und findet sich in Tropfen im Breie vertheilt. Der Käsestoff der Milch gerinnt im Magen, wird aber dann allmählig eben so wie Muskelfaser, geronnener Faserstoff, Knorpel, selbst Knochen, und die meisten thierischen Stoffe in eine strukturlose Gallert verwandelt. Die stärkmehlhaltigen Substanzen scheinen meist chemisch verändert zu werden; sie sollen sich theilweise in Gummi und Traubenzucker verwandeln; die meisten Zuckerarten gehen in saure Gährung über; die Proteinverbindungen, Faserstoff und Eiweiß, welche im Magen aufgelöst wurden, verlieren dadurch ihre Gerinnbarkeit, werden mithin ebenfalls wesentlich verändert. Die Untersuchung über die Umänderungen, welche die verschiedenen Nahrungsstoffe in dem Magen erleiden, sind bei weitem noch nicht auf dem Punkte angelangt, wo sie seyn sollten; namentlich hat man bis jetzt noch versäumt, mit den auf künstlichem Wege, mittelst natürlichen oder künstlichen Magensaftes erhaltenen Verdauungsprodukten endosmotische Versuche anzustellen, um sich zu versichern, welche von diesen Stoffen schon im Magen aufgesaugt werden und welche, auch nach vollendeter Umwandlung in Chymus, noch der Dünndarmverdauung zu ihrer Assimilation bedürfen.

Sobald der Speisebrei die Pförtnerklappe des Magens überschritten hat und in den Dünndarm eingetreten ist, so mengen sich ihm die Absonderungsprodukte zweier bedeutender Drüsen, der Bauchspeicheldrüse und der Leber zu. Letztere namentlich hat von jeher in der Medizin und in den physiologischen Ideen der Aerzte sowohl als des Volkes eine eminente Rolle gespielt und in manchen Ländern Europa's schreibt wenigstens der zweite Kranke alle Uebel, welche ihn betreffen, der Galle zu. Manche dieser Vorurtheile können wir dreist als solche zurückweisen, vielen dürfen wir nur bedingungsweise entgegen treten und zu den meisten können wir leider weder Nein! noch Ja! sagen; denn wir müssen eingestehen, daß von allen chemischen Einwirkungen

auf die Verdauung diejenige der Galle gerade am wenigsten, ja so gut wie nicht bekannt ist und daß wir, nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen wahrlich nicht einmal begreifen können, warum uns die Natur diese größte aller Drüsen, die Leber, in den Unterleib gesetzt hat. Erst in den allerneuesten Zeiten scheint ihr Bau in einigermaßen befriedigender Weise aufgeklärt worden zu seyn. Schon durch die Art und Weise der Anordnung ihrer Blutgefäße trat die Leber ganz aus der Reihe aller andern Drüsen heraus. Ihre Arterie steht in gar keinem Verhältniß zu ihrer Größe, und die großen, weitschichtigen Netze, welche die arteriellen Capillaren bilden, zeigen wohl, daß sie zu der Gallensekretion in weniger Beziehung stehen und daß sie mehr der Ernährung der Drüse gewidmet sind. Für diesen Mangel wird die Leber indeß dadurch entschädigt, daß alles venöse Blut, welches vom Darmkanale zurückkommt (mit Ausnahme der obersten und untersten Theile, welche keinen Bezug mehr zur Verdauung und Aufsaugung haben), daß all dieses Darmblut sich in einen einzigen Stamm sammelt, die Pfortader und daß dieser venöse Stamm sich dann wieder in der Leber verzweigt und dieser gegenüber ganz dieselbe Rolle spielt, wie bei den übrigen absondernden Drüsen die Blut zuführende Arterie. Die Pfortader vertheilt sich in sehr feine Maschennetze, aus welchen sich dann nach und nach die Lebervenen zusammensetzen, welche das Blut in die große Hohlader und somit in die rechte Vorkammer des Herzens führen. Die Stoffe also, welche durch die Aufsaugung im Darme aus den Nahrungsmitteln in das Blut aufgenommen worden sind, gelangen nicht in den allgemeinen Kreislauf, bevor sie nicht einmal durch die Capillargefäße der Pfortader hindurch gegangen sind.

Mit dieser außergewöhnlichen Anordnung der Blutgefäße sind indeß die anatomischen exceptionellen Verhältnisse der Leber noch nicht erschöpft. Alle andern ausführenden Drüsen des Körpers kommen in ihrem Baue in sofern überein, daß sie aus Röhren gebildet sind, welche mit blinden Enden beginnen und durch ihr Zusammentreten endlich einen Hauptausführungsgang bilden,

welcher das Sekret weiter befördert. Die absondernden Röhren haben einen weit bedeutenderen Durchmesser als die capillaren Blutgefäße und werden an den Netzen derselben umsponnen. Man könnte sich die absondernden Drüsenkanäle mit ihren umspinnenden Blutgefäßnetzen etwa unter dem Bilde einer mit einem Seidenhandschuh bekleideten Hand vorstellen, wo die Finger die Drüsenkanäle, das Seidengewebe mit seinen Maschen die Netze der Blutgefäße repräsentiren würden. In der Leber verhalten sich die absondernden Gallenkanäle durchaus anders. Sie lösen sich zuletzt in ein Netz auf, das aus eben so feinen Röhren besteht, als die Capillargefäße selbst, das eben so complicirte Maschen zeigt als diese und beide Gewebe durchdringen sich so wechselseitig, daß nur vermöge der innern Struktur, oder nach einer gelungenen Einspritzung, vermittelst der verschieden gefärbten Massen entschieden werden kann, welche dieser feinsten Röhrchen und Netze aus Gallenkanälen, welche aus Blutgefäßen gebildet sind. Ich muß auch hier wieder die Zuflucht zu einem trivialen Vergleiche nehmen, welcher aber vielleicht diese Anordnung klarer macht, als eine lange Beschreibung. Man stelle sich einen aus zweierlei Fäden gestrickten Strumpf vor, dessen Maschen so in einander greifen, daß sie sich wechselseitig ausfüllen und verdrängen; man nehme ferner an, daß dieses Gewebe ebenso in die Dicke fortgestrickt sey, wie es beim Strumpfe in die Breite geschieht, und man wird sich auf diese Weise ein ungefähres Bild der Leberstruktur entworfen haben. Diese innige Durchdringung der blutführenden und gallabsondernden Kanäle bedingt indeß keine Verschmelzung beider; hier so wenig wie in den andern Drüsen findet ein Uebergang der Blutgefäße in die absondernden Kanäle Statt; nirgends existirt eine solche offene Communikation; Stoffe aus dem Blute können in der Leber sowohl wie in den andern Drüsen nur auf diese Weise in die absondernden Kanäle gelangen, daß sie aufgelöst als Flüssigkeit durch die überall geschlossenen Wände der Gefäße und Kanäle durchschwitzen.

Die Galle selbst ist eine bitterlich schmeckende klare Flüssigkeit von grünlich-gelber Farbe. Ueber ihre Zusammensetzung sind

die Chemiker noch nicht ganz einig und die Menge von verschiedenen Stoffen, welche man in ihr aufgefunden hat, und deren Zahl man ohne Zweifel noch vermehren wird, deutet sichtlich darauf hin, daß sie äußerst leicht zersetzbar ist und daß die sie zusammensetzenden Grundstoffe sich in der mannigfaltigsten Weise gruppiren können. Ja es ist sogar wahrscheinlich, wie der größte Chemiker unserer Zeit behauptet, daß sie in der Gallenblase schon nicht mehr unverändert bleibt, sondern in diesem Behälter selbst eine andere Gruppirung von Stoffen zeigt, als sie ursprünglich hatte. Indeß scheint mir, als könnte auch dieser Streit der Chemiker über die Zusammensetzung der Galle nur von geringem Erfolge für die Erforschung ihrer physiologischen Einwirkung seyn, die an der Galle im Ganzen und nicht an ihren einzelnen Stoffen studirt werden muß. Jedenfalls wissen wir so viel, daß die Galle viel freies Alkali in ihrer Mischung enthält und daß die organischen Stoffe, welche sich in ihr vorfinden, sehr reich an Kohlenstoff, aber sehr arm an Stickstoff sind; daß die Galle somit, hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, in direktem Gegensatze zu dem Harne steht, in dessen organischen Bestandtheilen der Stickstoff bedeutend vorwiegt.

Was die Einwirkung der Galle auf den Speisebrei betrifft, so ist diese mehr noch im Unklaren, als sie es verdiente. Sicherlich ist sie von höchster Wichtigkeit; die Natur schafft nicht umsonst eine so umfangreiche Drüse und läßt nicht umsonst mehr als ein Pfund Flüssigkeit täglich absondern und in den Darm ergießen. Daß die gelbliche, bräunliche Farbe des in den dünnen Gedärmen enthaltenen Speisebreies und der Exkremente von der Galle herrührt, ist mit dem Mikroskope in der Hand erweislich; daß nur sehr wenig Gallenstoff wirklich ausgeleert wird, ist eine durch die Chemie erhärtete Thatsache. Zum Voraus auch kann aus der Zusammensetzung der Galle geschlossen werden, daß das in ihr enthaltene, freie oder an sehr schwache Säuren gebundene Alkali von der im Speisebrei enthaltenen Säure in Beschlag genommen werden und diese sättigen muß — und damit wären auch unsere positiven Kenntnisse am Schlusse. Daß dies zur

Erklärung der Gallenabsonderung nicht hinreicht, sieht Jeder leicht ein und das Eingeständniß ausgezeichneter Beobachter, wonach in Folge der Unterbindung des Gallenganges und folglich bei Mangel der Galle im Darme die Dünndarmverdauung nicht wesentlich zu leiden schien, scheint hier nur trübe Aussichten zu eröffnen. Doch finde ich in den Resultaten dieser Unterbindung wieder einen schönen Ausgangspunkt zu künftigen Untersuchungen. Der Chylus, der Milchsaft in den Lymphgefäßen war nach gehemmtem Galleneinfluß in den Darm nicht mehr milchig wie eine Emulsion, sondern hell und klar, oder mit andern Worten, er enthielt kein Fett.

Hält man mit dieser Thatsache nun noch die Erfahrung zusammen, daß der Chylus in den vom Magen selbst ausgehenden Lymphgefäßen kein oder nur sehr wenig freies Fett enthält und deßhalb auch nicht milchig, sondern mehr röthlich ist; daß dagegen die Dünndarmlymphgefäße bei Fettnahrung strotzend mit fettiger Flüssigkeit angefüllt sind; bedenkt man, daß die Galle fettige und fettähnliche Substanzen in Auflösung bei sich hat und gewiß deren noch mehr in Gestalt einer seifigen Flüssigkeit aufnehmen kann, so scheint die Rolle der Galle im Verdauungsprozeß hauptsächlich diejenige zu seyn — die Aufsaugung des Fettes und seine Ueberführung in die Lymphgefäße zu vermitteln. Es existirt ein unerschütterliches Gesetz in der Lehre von der Durchdringlichkeit thierischer Membranen durch Flüssigkeiten, welches festsetzt, daß nur solche Flüssigkeiten durchdringen und sich durch die Membranen hindurch austauschen, welche unter sich und mit der Befeuchtungsflüssigkeit der Membran mischbar sind. Oel und Fett dringen nicht durch eine mit Wasser getränkte Membran und umgekehrt. Nun sind aber die Häute des Darmkanales, die Wände der einsaugenden Gefäße, der Speisebrei, kurz alle bei der Verdauung und Resorption in Betrachtung kommenden thierischen Theile mit wässerigen Flüssigkeiten getränkt. Die Aufnahme von Fett in den Chylus, der Durchgang von freien Fetten durch diese Membranen wäre demnach eine reine physikalische Unmöglichkeit, wenn nicht ein Mittel

gegeben wäre, welches das Fett auf irgend eine Art in Waſſer löslich und dadurch auffaugungsfähig machte. Man weiß, daß die Seifen im Waſſer lösliche Fettverbindungen ſind; es wäre zu unterſuchen, ob die Galle in der That die im Speiſebrei enthaltenen Fette verſeift oder in Waſſer lösliche Verbindungen anderer Art mit ihnen erzeugt, und zugleich müßten mit den ſo erhaltenen Verbindungen endosmotiſche Verſuche angeſtellt werden, um zu unterſuchen, ob ſie auch wirklich durch waſſergetränkte Membranen aufgeſogen werden. Vielleicht daß dieſe Verbindungen zwar aufgeſogen, aber auf der andern Seite wieder zerſetzt abgeſchieden werden, was aus dem Umſtande geſchloſſen werden könnte, daß der Milchſaft nicht nur aufgelöstes, ſondern auch freies Fett in Form von Kügelchen enthält, welches ihm gerade ſein emulſionsartiges Anſehen gibt und welches, wie ſchon angeführt, unmöglich als ſolches aus dem Darme in die Lymphgefäße übergehen konnte.

Neuere Unterſuchungen, deren Ende wir noch erwarten, die aber ohne Zweifel Vieles zur Aufklärung der hier erwähnten Fragen beitragen werden, haben ſchon nachgewieſen, daß die Rolle der Galle in der Dünndarmverdauung eine durchaus weſentliche ſey, und daß ohne ihre Mitwirkung der Prozeß der Ernährung ſo ſehr beeinträchtigt werde, daß der Tod eine unausbleibliche Folge davon wird. Ja es geht aus dieſen Verſuchen hervor, daß es ſogar nicht genüge, daß die Galle in den Darmkanal überhaupt komme, ſondern daß ſie gerade in den Zwölffingerdarm ergoſſen werden müſſe, während ſie, in den Magen gebracht, durchaus eben ſo ohne Wirkung bleibt, wie wenn ſie ohne Weiteres nach außen ergoſſen würde. Die erwähnten Verſuche wurden in folgender Art angeſtellt. Man unterband und durchſchnitt bei lebenden Hunden den Gallengang, ſo daß keine Galle mehr in den Darm gelangen konnte, öffnete dann, um die Gallenſekretion ſelbſt nicht zu hindern, die Gallenblaſe und heilte dieſe Oeffnung in die Bauchwunde ein. Auf dieſe Weiſe war die Funktion der Leber nicht im Geringſten beeinträchtigt; die Galle wurde nach wie vor abgeſondert, allein ſtatt in den Darm, durch die

in der Gallenblase angebrachte Fistelöffnung nach außen ergossen. Mehrere Hunde überstanden die unmittelbaren Folgen der Operation; die Wunde heilte vollkommen, allein trotz aller guten Nahrung magerten die Thiere nach und nach ab und starben endlich an allgemeiner Entkräftung; ganz so, wie wenn man sie durch Hunger hätte zu Grunde gehen lassen. Es ist bekannt, daß Hunde, die man mit bloßem Eiweiße oder Faserstoff füttert, ohne Zusatz fettiger oder stärkmehlhaltiger Substanzen, ebenfalls unter allen Erscheinungen des Hungertodes zu Grunde gehen; wir dürfen wohl annehmen, daß der Erfolg der nämliche seyn werde, wenn man zwar die Aufnahme solcher Substanzen in den Magen erlaubt, aber ihre Resorption, ihren Uebergang in das Blut und ihre Verwendung in der thierischen Oekonomie durch Ausschluß der Galle verhindert.

Wenn wir indeß auf diese Weise der Galle ihre wahrscheinliche Rolle im Verdauungsprozesse anzuweisen suchen und von der Zeit erwarten müssen, ob sie diese Ansichten durch Thatsachen beweist oder umstößt, so soll damit nicht gesagt seyn, daß die Aufnahme der in den Nahrungsmitteln enthaltenen fettigen Substanzen die einzige Quelle sey, woraus der Organismus seine fettigen Bestandtheile zöge. Ich berühre hier den heftigen Streit, welcher in der neuesten Zeit zwischen Frankreichs und Deutschlands chemischen Koryphäen herrschte und wo endlich, nach hartem Kampfe, das linke Rheinufer sich überwunden erklären mußte. Die Einen, auf die Thatsache fußend, daß die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir in unserer Nahrung einnehmen, nur dann wirklich ernährend und ersetzend sich zeigen, wenn sie in ihrer Zusammensetzung mit den im Körper vorhandenen Stickstoffverbindungen identisch sind; Thatsache, welche von beiden Partheien als gegründet anerkannt wurde — die Einen, sagte ich, dehnten diese Thatsache zu allgemeinem Gesetz aus und behaupteten, der thierische Organismus schaffe in der Verdauung nichts um, er bewirke keine neuen Verbindungen, sondern ziehe die ihm nothwendigen Stoffe aus den Nahrungsmitteln nur aus und gebe ihnen die passende Form. Das Pflanzenreich, behaupteten sie, sey das große Laboratorium der organischen Verbindungen im

Allgemeinen; in den Pflanzenzellen würden der Faserstoff, das Eiweiß, die Fette, kurz alle thierischen Bestandtheile bereitet und auf diese Weise den pflanzenfressenden Thieren fertig geboten, welche durch ihre Verdauung diese Stoffe nur auszögen und in ihrem Organismus verwendeten. Auch das Fett, welches in der Mast befindliche Thiere ansetzten, werde nicht von ihnen aus anderen Stoffen bereitet, sondern sey schon in den gebotenen Nahrungsmitteln als fettähnlicher Stoff (meist Pflanzenwachs) angehäuft. Zum Beweise dieser Ansicht lieferte man neue Analysen der Pflanzennahrung, des Wälschkorns, Heus u. a. m. und wies in der That eine größere Quantität fettiger Stoffe in diesen Materien nach, als man bisher angenommen hatte. Derjenige deutsche Chemiker indeß, welcher zuerst die Behauptung aufgestellt hatte, daß der Thierorganismus in der That aus Zucker, Stärkmehl und andern stickstofflosen Substanzen Fett bereiten könne, und sich dabei namentlich auf die Erfahrungen Hubers und Gundlachs über die Wachserzeugung der Bienen und auf das Mästen der Thiere im Allgemeinen berufen hatte, wies einfach nach, daß die Exkremente einer milchenden Kuh eben so viel Pflanzenwachs enthielten, als sie in der Nahrung bekam und dadurch war auch seine Behauptung bewiesen. Jetzt, wo die französischen Chemiker sich durch eigene Versuche überzeugt haben, daß die Bienen wirklich in ihrem Innern den Zucker in Wachs verwandeln; jetzt, wo ein unpartheiischer, im Elsaße wohnender Beobachter nachgewiesen hat, daß die Gänse in der That Fett aus dem Stärkemehl und Zucker des Wälschkorns bereiten; jetzt kann kein Zweifel mehr über die Thatsache seyn, daß der Organismus zum Theil sich seine Stoffe und namentlich das Fett aus andern ihm dargebotenen Verbindungen schafft.

Auf welche Weise indeß diese theilweise Umbildung der Nahrungsmittel bewerkstelligt werde, dies ist auf jeden Fall noch nicht dargethan: das Endresultat kennen wir, das Verfahren ist uns noch Geheimniß.

Einen Anknüpfungspunkt zur Entscheidung dieser Frage scheinen einige neuere Untersuchungen bieten zu wollen. Schweine,

mit fettlosen, aber stärkemehlhaltigen Substanzen gefüttert, wurden nicht satt; Enten, denen man fettlosen Reis als Nahrung gab, blieben mager wie zuvor. Fügte man aber eine kleine Quantität Fett zur Nahrung zu, so wurde nicht nur diese aufgenommen, sondern auch das Stärkemehl selbst in Fett umgewandelt und dieses in großer Menge in dem thierischen Körper abgesetzt. An diese Resultate, die durch eine große Reihe genauer Untersuchungen gewonnen wurden, knüpfen sich noch einige andere Thatsachen derselben Art. Bienen mit reinem Zucker genährt, bildeten kein Wachs; wurde ihnen aber Honig gereicht, in welchem sich eine höchst kleine Menge Wachs findet, so erzeugten sie Wachs in bedeutender Quantität. Die Gelatine, welche vor einiger Zeit als Ersatzmittel der Fleischbrühe angerühmt wurde, hat sich als durchaus unnütz erwiesen, indem sie die Proteinverbindungen nicht ersetzen konnte; — einigen älteren Versuchen zu Folge aber soll sie nährend wirken, wenn ihr eine kleine Menge Fleischbrühe beigesetzt wird. Es scheint, als ob die geringen Quantitäten von Fett, von Fleischbrühe, die man stärkemehlhaltigen, gelatinösen Substanzen in der Nahrung beimischt, wie eine Art Hefe wirkten, wodurch der Umsatz des fremdartigen Stoffes bedingt wurde, und es wird jetzt als eine der ersten Aufgaben der physiologischen Chemie zu betrachten seyn, zu erörtern, welchen Einfluß diese Beimischungen sehr kleiner Mengen gewisser Stoffe auf die Umwandlung der Nahrungsmittel im Großen haben.

Doch kehren wir von dieser Abschweifung zu den im Darme enthaltenen Nahrungsmitteln und ihrem Schicksale zurück. Im obern Theile des Dünndarms herrscht noch die saure Reaktion des durch Beimischung der Galle grünlich-gelb gewordenen Speisebreies vor; sie schwindet allmählig, während dieser im Darme weiter rückt, wahrscheinlich durch die Zersetzung der Galle und die dadurch bedingte Entwicklung von Ammoniak. Je näher der Speisebrei dem Dickdarme kommt, desto bräunlicher wird seine Farbe, desto mehr verschwinden die vorher noch in ihm befindlichen Fetttropfen. Im Dickdarme endlich beginnt die Kothbildung

und mit ihr die faulige Zersetzung des Speisebreies, welche schon früher eingetreten wäre, wenn nicht der Magensaft ihr entgegengewirkt hätte.

Aus der Analyse der Exkremente geht hervor, daß die unverdaulichen Stoffe der Nahrung, wie Horn und Holz, nebst den Resten der Galle und einer schleimartigen Substanz (Darmschleim) die Hauptmasse derselben bilden und daß nur außerordentlich wenige lösliche Stoffe sich noch darin finden. Stärkemehl, Zucker, Eiweiß, Faserstoff sind gänzlich aus dem Speisebreie verschwunden und auch von Fett findet sich nur eine geringe Quantität.

Betrachten wir den Verdauungsprozeß im Ganzen nach seinen Resultaten, so ist er eine chemische Operation des Organismus, welche die Aneignung der dem Körper tauglichen Substanzen, entweder durch einfache Auffaugung oder selbst durch chemische Umbildung zum Zwecke hat. Die Betrachtung der Nahrungsmittel und ihrer Eigenschaften in physiologischer Hinsicht ist zu wichtig, als daß wir derselben nicht einen besonderen Brief widmen sollten.

Vierter Brief.

Die Nahrungsmittel.

Der Instinkt der Selbsterhaltung ist ohne Zweifel die mächtigste, bei der Thierwelt in Bewegung gesetzte Triebfeder. Bei dem Thiere herrscht er unumschränkt, und uns unerklärliche Ursachen bestimmen einer jeden Gattung die Nahrung, auf welche sie angewiesen ist. Durch eigenthümliche Gefühle wird dem Bewußtseyn der Mangel des Organismus und sein Begehren nach frischer Zufuhr von Nahrungsstoffen kund gethan. Hunger und Durst werden unter gewöhnlichen Verhältnissen nur dann empfunden, wenn das Bedürfniß fester oder flüssiger Speise gefühlt wird. So gewöhnlich auch diese Empfindungen wiederkehren, so schwer ist es, sich klare Auskunft über ihre Entstehung zu geben. Es fragt sich, ob die Empfindung dieser Bedürfnisse an einzelne Organe geknüpft sey, oder ob sie dem noch dunklen Felde des Allgemeinbewußtseyns angehöre?

Es ist eine Thatsache, daß Appetit oder Hunger augenblicklich durch Aufnahme fester Stoffe in den Magen gestillt werden kann, und daß bei leerem Magen das Bedürfniß frischer Zufuhr gefühlt wird. Daß die Entstehung des Hungers demnach auf einem bestimmten Zustande des Magens beruhe, und von diesem Organe aus durch die Magennerven dem Bewußtseyn klar werde, kann nicht geläugnet werden. Die Durchschneidung des Hauptstammes der Magennerven, nämlich des herumschweifenden Paares der Hirnnerven, zeugt ebenfalls für diese Ansicht. Nach dieser Operation empfinden die Thiere, die derselben unterworfen wurden, keinen Hunger; sie suchen keine Speise, man gewahrt an

ihnen nicht jene Zeichen der Unruhe und bei längerer Entbehrung das Suchen nach Nahrung, das Verzehren ungenießbarer Stoffe, wie es bei längerem Hungern gesunder Thiere beobachtet wird. Setzt man aber den Thieren bekannte Nahrungsstoffe vor, so verschlingen sie dieselben in ungeheuren Mengen, so daß sie aufschwellen und sogar bersten. Mit dem Gefühle des Hungers ist somit auch dasjenige der Sättigung verschwunden; das Thier wird sich der Anfüllung seines Magens nicht bewußt, weil der Nerve, welcher diese Gefühle dem Bewußtseyn klar machte, nicht mehr mit dem Organe desselben, dem Gehirne, in unmittelbarer Verbindung steht. Aehnliche Beobachtungen macht man auch häufig genug bei krankhaften Zuständen, in welchen der Magen betheiligt ist. Bald fehlt der Appetit gänzlich und nur die Ueberlegung kann den Kranken zum Essen bringen; in andern Fällen wieder herrscht ein wahrer Heißhunger und ungemeine Mengen Nahrung werden verschlungen, ohne denselben stillen zu können. Offenbar beruhen diese Veränderungen auf dem durch die Krankheit bedingten Mitleiden der Magennerven. Auf der andern Seite aber besitzen wir dennoch Thatsachen, welche darauf hinweisen, daß der Hunger nicht einfach auf dem Magen allein beruht, sondern daß auch das Gemeingefühl wesentlichen Antheil daran nimmt. Substanzen, welche nicht verdaut, nicht aufgenommen werden, vermögen zwar augenblicklich, aber nicht auf längere Zeit das Gefühl des Hungers zu stillen; Thiere bieten alle Zeichen des Hungers, wenn sie mit Substanzen gefüttert werden, die zwar den Magen füllen, aber durch ihre Zusammensetzung nicht geeignet sind, das Leben des Organismus zu erhalten. Offenbar beruht hier das Hungergefühl nicht blos auf dem Magen allein; es ist wahrscheinlich, daß auch die zahlreichen Nerven des Unterleibes, welche die Blut- und Milchgefäße umspinnen, daran Theil nehmen und daß diese die Vermittler des organischen Gemeingefühls sind. Eine abnorme Zusammensetzung des in den Gefäßen der Pfortader kreisenden Blutes, eine fehlerhafte Mischung des in den Lymphgefäßen aufsteigenden Chylus muß auf die organischen Nerven des Unterleibes, mit denen diese

Flüssigkeiten in Wechselwirkung treten, einen verschiedenen Einfluß ausüben und dieses regelwidrige Verhältniß ist es, welches ebenfalls von uns als Hunger empfunden wird. Hunger wird demnach, abgesehen von krankhaften Verhältnissen, durch zwei in sich sehr verschiedene Zustände hervorgebracht; — durch Leere des Magens und durch abnorme, von der gewöhnlichen Beschaffenheit abweichende Zusammensetzung der aufgenommenen Stoffe.

In ähnlicher Weise zersplittert sich auch das Gefühl des Durstes. Mund und Rachenhöhle spielen hier die Rolle des Magens; Durst wird jedesmal empfunden, sobald diese Theile trocken werden. Fieberkranke, Leute, die viel und stark athmen oder durch Gewürze und Schärfen die Empfindlichkeit der Nerven der Schleimhaut steigern, fühlen so lange Durst, bis Mund und Rachenhöhle in den gewöhnlichen Feuchtigkeitsgrad gebracht werden können. Sicherlich beruht auch die Thatsache, daß bei großer Hitze und Trockenheit der betreffenden Theile reines Wasser weniger den Durst löscht, als schleimige Getränke, auf dem einfachen Grunde, daß ersteres schnell verdunstet, während letztere die Feuchtigkeit länger zurückhalten. Allein wir wissen bei heftigeren Graden des Durstes ebenso gut das Gefühl der Trockenheit im Munde von dem allgemeinen Bedürfnisse nach Flüssigkeit zu unterscheiden, als wir auf der andern Seite Durst fühlen können, ohne daß unsere Mundhöhle gerade trocken ist. Wem ist es nicht schon bei anstrengenden Märschen im Sommer begegnet, daß er mit ausgedörrtem Gaumen und lechzender Zunge an einem Brunnen ankam, dort bis zu gänzlicher Sättigung und Anfüllung des Magens trank, und dennoch, beim Verlassen der Quelle, noch Durst empfand? Hunger und Durst sind demnach complexe Gefühle, wodurch der Organismus sein Bedürfniß nach Aufnahme von Stoffen kundgibt; die unmittelbare Empfindung derselben ist an bestimmte Organe, den Magen und die Mundhöhle geknüpft, während das allgemeine Bedürfniß wahrscheinlich durch die Wechselwirkung zwischen dem Inhalte der auffangenden Gefäße und ihrer Nerven bedingt wird.

Nicht jede Nahrung indessen ist für jedes Thier angemessen.

Die einen leben nur von vegetabilischer, die andern von animalischer Kost, während andere wieder aus beiden Naturreichen zugleich ihre Nahrung beziehen. Die Organisation eines jeden Thieres ist seiner Lebensweise gemäß eingerichtet; dem Fleischfresser hat der Schöpfer Reißzähne und Fangklauen, dem Pflanzenfresser Mahlzähne und Hufe gegeben, und wenn auch die Gesetze der thierischen Bildung nicht in so engen Gränzen sich beschränken, als man zu glauben geneigt seyn könnte, so ist doch im Allgemeinen die hohe Zweckmäßigkeit eines jeden Organtheiles so auffallend und der Bau jedes Theiles mit dem Zwecke des Ganzen so übereinstimmend, daß meist schon aus der Bezahnung oder der Beschaffenheit der Füße die Bestimmung des Thieres selbst erschlossen werden kann. Namentlich die Zähne sind es, welche hier die untrüglichsten Leiter abgeben, da sie zuerst in die nächste und unmittelbarste Beziehung zu den Nahrungsstoffen treten. Den Zähnen nach ist der Mensch auf Benutzung beider Naturreiche angewiesen und die Erfahrung hat schon längst bestätigt, daß eine zweckmäßige Mischung pflanzlicher und thierischer Kost den wesentlichsten Einfluß auf die Beförderung des leiblichen Wohles ausübe und wenn auch einzelne Individuen bei ausschließlicher Nahrung aus einem Reiche nur sich wohl befinden können, so sieht man doch, wenn solche Nahrungsverhältnisse ganze Völker betreffen, die wesentlichsten Nachtheile daraus entstehen.

Die Kluft, welche nach früheren Ansichten thierische und pflanzliche Nahrung trennte, ist indeß bei weitem so groß nicht, als man sich gewöhnlich vorstellt. In rein chemischer Beziehung lassen sich nur quantitative Unterschiede finden. So lange man freilich glaubte, der Stickstoff sey dem Pflanzenreiche fast durchaus fremd und für die thierischen Substanzen charakteristisch, so lange konnte man von einer totalen Verschiedenheit überzeugt seyn; jetzt wo man nachgewiesen hat, daß alle Pflanzen Stickstoff enthalten und zwar jene eigenthümlichen stickstoffhaltigen Körper, die wir in einem früheren Briefe unter dem Namen der Proteinverbindungen bezeichneten; jetzt steht nur noch der empirische Satz fest, daß thierische Kost stickstoffreicher ist als pflanzliche.

Wir essen kein Fleisch, welches nicht Fett, mithin eine stickstofflose Substanz enthielte; wir verzehren kein pflanzliches Produkt, ohne eine geringe Menge Faserstoff und Eiweiß aufzunehmen. Der Unterschied zwischen pflanzlicher und thierischer Nahrung besteht demnach hauptsächlich darin, daß in letzterer die Proteinverbindungen, in ersterer die kohlenstoffhaltigen, stickstofflosen Substanzen überwiegen.

Bekanntlich hat jener Chemiker, welcher der physiologischen Chemie ihre neuere Richtung gegeben hat, zwei Gruppen von Nahrungsmitteln unterschieden, welche er die plastischen und die Respirationsmittel nennt. Zu den ersteren rechnet er alle Stoffe, welche aus Faserstoff, Eiweiß oder Käsestoff zusammengesetzt sind; die meiste thierische Nahrung, wie bemerkt, gehört dieser Klasse an. So weit die jetzigen Erfahrungen reichen, so können nur diese Stoffe wirklich die Stickstoffverbindungen unseres Körpers ersetzen; nur aus ihnen kann Muskelfleisch, Blut u. s. w. hervorgehen, sie sind also unmittelbar ernährende Stoffe. Es ist durch Versuche erwiesen, daß sie nie in der Nahrung ganz fehlen dürfen und wie es scheint, können sie auch durch andere stickstoffhaltige Substanzen, welche eine abweichende Zusammensetzung haben, nicht ersetzt werden. Daß sie nöthig seyen, geht leicht aus dem Wesen des lebenden Organismus hervor. Hier ist nichts stabil; es ist keine Ernährung denkbar ohne Zerstörung auf der einen Seite und Bauen auf der andern; das gebildete Muskelfleisch, die vorhandene Faser sind nicht zu ewiger Dauer bestimmt, sondern werden stets wieder zerstört und neu gebildet. Diesen ewigen Umschwung, diesen steten Wechsel der Materie hat schon das Volk sehr wohl begriffen, wenn es einfach behauptet, der Mensch erneuere sich alle sieben Jahre gänzlich; — die Physiologen sind freilich noch nicht so weit gekommen, den Zeitpunkt bestimmen zu können. Der Verlust, den die Ernährung durch die Zersetzung der schon vorhandenen Gebilde bedingt, muß also ersetzt werden und zu diesem Endzwecke dienen uns jene merkwürdigen Stickstoffverbindungen, die wir unter dem Namen des Faserstoffes, des Eiweißes, des Käsestoffes kennen.

In anderer Beziehung zu dem Organismus stehen die sogenannten Respirationsmittel, welche keinen Stickstoff enthalten. Wir kennen im thierischen Organismus von stickstofflosen Substanzen eigentlich nur die Fettarten. Man hat sich gewöhnt, dieselben als etwas Wandelbares zu betrachten, und, verleitet durch die bei den verschiedenen Individuen so äußerst verschiedene Fettanhäufung im Zellgewebe, zwischen den Muskeln und Eingeweiden, hat man das Fett nur als einen accidentiellen Stoff betrachten wollen. Zum Theil hat dies seine Richtigkeit; — aber auch nur zum Theil, denn Fett gehört ebenso nothwendig zur Zusammensetzung fast aller Formelemente die wir im Körper finden, als Faserstoff und Eiweiß. Das Gehirn und die Nervensubstanz, das Drüsengewebe, selbst das Muskelfleisch und die Haut; — alle Gewebe fast ohne Ausnahme enthalten eine gewisse mehr oder minder große Menge Fett als nothwendigen Bestandtheil. Daß dieses nothwendige Fett denselben Gesetzen der Ernährung unterliegen müsse, wie die stickstoffhaltigen Bestandtheile, kann keinem Zweifel unterliegen; daß demnach die Speisen ebenfalls Fett oder in Fett wandelbare Stoffe liefern müssen, ist ein nothwendiges Bedürfniß der Existenz des Organismus. Allein dieser nimmt mehr als er unumgänglich nöthig hat, von diesen Stoffen auf, er übersättigt sich damit, er setzt sie in den Zwischenräumen des Zellgewebes ab, um sie zu allenfallsigem Gebrauche bereit zu haben.

Man hat die stickstofflosen Nahrungsmittel deßhalb Respirationsmittel genannt, weil sie unmittelbar durch Verbrennung die Produkte der Respiration, Kohlensäure und Wasser liefern können, und weil sie, bei vollständiger Verbrennung, nichts anderes liefern, als diese beiden Produkte. Daß aber eine solche direkte Verbrennung der Respirationsmittel im Körper durchaus nicht Statt finden kann, ist leicht erweislich, und daß sie bei einigen derselben wirklich nicht Statt findet, ist eine experimentelle Thatsache. Die Blut- und Lymphgefäße, welche die im Darmkanal aufgesaugten Stoffe in die Cirkulation überführen, enthalten keine andern stickstofflosen Verbindungen, als

eben Fett; von den festen Respirationsmitteln, wie Stärkmehl ꝛc. enthalten sie keine Spur; sie können dieselben deßhalb auch nicht direkt dem Sauerstoffe in den Lungen entgegenführen. Ebenso wenig aber kann das vom Darmkanale herkommende Fett unmittelbar in den Lungen, wohin es vom Darme her geführt wird, zersetzt und verbrannt werden; denn wenn wir dies annehmen, so müßten wir auch den Heerd der Kohlensäureerzeugung und somit der thierischen Wärme in die Lungen setzen, was, wie wir bei der Behandlung der Athmung und der Frage über den Ursprung der thierischen Wärme sehen werden, durchaus unzulässig ist. Der Umsatz, die Verbrennung des Fettes kann nur in den peripherischen Capillargefäßen des Körpers vor sich gehen und diese Verbrennung kann, wenn man den eben aufgestellten Begriff der Ernährung festhält, nur das schon im Zellgewebe abgesetzte Fett betreffen, nicht das frisch zugeführte.

Sind diese Schlüsse richtig, so geht daraus unwiderleglich hervor, daß die stickstofflosen Bestandtheile der Nahrungsmittel nur dann als Respirationsmittel betrachtet werden können, wenn es möglich ist, ihre Umwandlung in Fett nachzuweisen. Was nicht Fett werden kann, findet keine Anwendung im Organismus und wird deßhalb entweder gar nicht aufgenommen oder, wenn die Substanz physikalischen Gesetzen zu Folge von den Gefäßen aufgesaugt wird, so schaffen die Sekretionsorgane sie auch unverändert wieder aus dem Organismus hinaus. Wir haben ein Beispiel dieser Art am Weingeist. Er enthält keinen Stickstoff; er ist ungemein leicht oxydabel und verwandelt sich äußerst leicht, wenn er nicht gänzlich verbrennt, durch Aufnahme von Sauerstoff in Essigsäure. Trotz dieser großen Verwandtschaft zum Sauerstoffe aber scheint er im Körper nicht unmittelbar zu verbrennen, sondern sich in Fett zu verwandeln. Man hat namentlich im Norden Deutschlands, wo der Branntwein leider das tägliche Getränk des armen Volkes ist, öfter Gelegenheit, junge Säufer zu beobachten, die täglich unglaubliche Mengen Schnaps zu sich nehmen und die fast nur von dieser Flüssigkeit leben. Solche Menschen sind oft ungeheuer fett; man hat Fälle beobachtet,

wo die excessive Fettentwicklung die Menschen tödtete, ohne daß man nach dem Tode andere krankhafte Veränderungen wahrnehmen konnte. In solchen Fällen nehmen die betreffenden Subjekte fast gar keine andere feste Nahrung zu sich; man kann deßhalb die abnorme Fettentwicklung nur der Umwandlung des genossenen Alkohol zuschreiben. Der überflüssige Alkohol, der nicht assimilirt werden kann, wird als flüchtige Substanz unverändert durch die Lungen ausgeschieden; der Athem einer Person, die alkoholische Getränke genossen hat, riecht noch lange danach. Bei mäßigem Genuß verschwindet der Alkohol völlig im Körper, wie die Versuche eines deutschen Chemikers lehren; allein damit ist noch nicht bewiesen, daß derselbe unmittelbar verbrennt. Würde man freilich nachweisen können, daß nach dem Genusse von Alkohol die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure sich vermehrt und daß diese Vermehrung so lange anhält, bis der als Alkohol aufgenommene Kohlenstoff verbraucht ist, so wäre dieser Beweis geliefert. Die bis jetzt durch die Analyse der ausgeathmeten Luft gelieferten Thatsachen widersprechen aber dieser Annahme durchaus. Ein deutscher Arzt hat durch einige Versuche nachgewiesen, daß die Erzeugung von Kohlensäure beim Athmen nach dem Genusse geistiger Getränke nicht nur nicht zunimmt, sondern sogar um ein Beträchtliches abnimmt; und somit wäre, bis auf Weiteres, diese Prinzipienfrage zu Gunsten der oben vorgetragenen Annahmen entschieden, wonach der Alkohol nicht unmittelbar verbrennt.

Jedenfalls bleibt es merkwürdig, daß der Organismus die Fähigkeit nicht hat, seine Stickstoffverbindungen aus andern Stoffen zu bereiten, sondern daß ihm diese fertig geboten werden müssen; während er die stickstofflosen Substanzen durch Umsatz ihrer Elemente seinen Zwecken aneignen kann. Wir können statt Fett Stärkmehl oder Zucker geben; das Resultat bleibt für den Organismus das nämliche; er bereitet sich Fett daraus; wir können den Proteinverbindungen keine andere stickstoffige Substanz, z. B. Leim oder Gelatine substituiren, der Organismus geht darüber zu Grunde, indem seine stickstoffhaltigen

Gewebe den Verlust, welcher ihnen durch die fortwährende Ernährung wird, nicht decken können.

Aus der Unzerlegbarkeit der chemischen Elemente geht ganz einfach für den Organismus die Nothwendigkeit hervor, sich alle Substanzen, welche er durch seine Ausleerungen und Absonderungen verliert, in den Nahrungsmitteln zu verschaffen und aus diesem Grunde sehen wir auch in Hinsicht der anorganischen Bestandtheile unseres Körpers die weisesten Vorrichtungen verwirklicht. Unsere Knochen enthalten eine große Menge erdiger Bestandtheile, namentlich phosphorsauren Kalk; unser Blut Eisen und eine Menge alkalischer Salze; alle unsere Sekretionen, Harn, Galle ꝛc. enthalten eine bestimmte Quantität feuerbeständiger Salze, welche man meist durch Verbrennung als Asche bestimmt. Alle diese Salze kann der Organismus nicht erschaffen, sie müssen ihm in der Nahrung geboten werden. Der Gebrauch des Kochsalzes ist keine Zufälligkeit, sondern tief in den Ernährungsgesetzen unseres Körpers begründet; bei der Gegenwart von Kochsalz im Magensafte geht die Verdauung weit schneller und vollständiger vor sich; ohne Salzsäure ist sie nur äußerst unvollständig. Es ist jedem Landwirthe bekannt, daß Hühner nur schlecht und wenig Eier legen, wenn man sie verhindert, den Kalk an den Mauern zu picken; sie bedürfen dieses Kalkes zur Construktion der Eischalen. Ein Kind, welches sein Skelett baut, bedarf einer bedeutenderen Menge phosphorsaurer Kalkerde, als ein Erwachsener, und die Thatsache, daß scrophulöse und rhachitische Kinder gerne Erde und Kalk essen, findet ganz einfach in dem Umstande seine Erklärung, daß die Absonderungen dieser Kinder eine bedeutende Menge von Kalksalzen enthalten und sie demnach das Bedürfniß fühlen, diesem Abgange entgegen zu arbeiten.

Soll demnach die Kost wirklich nährend für den Organismus seyn, so müssen sich darin, vom chemischen Standpunkte aus, drei Bedingungen verwirklichen: die gebotenen Substanzen müssen Proteinverbindungen zur Ernährung der stickstoffhaltigen, Fett oder in Fett wandelbare Stoffe zum Ersatz der stickstofflosen

Körperbestandtheile und eine angemessene Quantität der im Körper vorkommenden anorganischen Salze enthalten. Länger fortgesetzte Entbehrung einer jeden Bedingung tödtet unausbleiblich den Organismus, der sich selbst zerstört, um seinen Ausgaben zu genügen. Indeß erfolgt der Tod bei ausschließlicher Ernährung mit einer oder der andern Klasse von nothwendigen Stoffen nicht in derselben Zeit. Eine Ernährung, in welcher die Proteinkörper fehlen, ist fast mit völligem Hungern gleichzusetzen; Hunde, welche man mit reinem Zucker, Stärke oder Gummi fütterte, starben fast zu derselben Zeit, wie andere, welche nur reines Wasser erhielten und auf diese Weise den Hungertod starben. Fütterung mit reinen Proteinverbindungen, Faserstoff oder Eiweiß, erhielt das Leben zwar länger, allein auch nicht auf die Dauer und es ist leicht einzusehen, daß diese längere Erhaltung nur auf dem Umstande beruht, daß jeder thierische Organismus eine gewisse Menge überflüssigen Fettes, gleichsam als Reserve, bewahrt, wovon er im geeigneten Falle Gebrauch machen kann. Versuche über Fütterung mit Substanzen, welche keine unorganischen Salze lieferten, hat man bis jetzt nur an Vögeln angestellt; die Thiere starben erst nach verhältnißmäßig langer Zeit und bei der Sektion fanden sich ihre Knochen erweicht, verdünnt, durchlöchert, ihrer erdigen Bestandtheile beraubt.

Indeß muß man sich hüten, den Fütterungsversuchen mit einfachen Substanzen eine allzugroße Wichtigkeit beizulegen. Es tritt hier noch ein anderes Verhältniß in das Mittel, dessen Erklärung bis jetzt noch in weitem Felde liegt. Ich meine das Gesetz des Wechsels der Nahrungsmittel. Der Ekel, welchen die stete Wiederkehr desselben Gerichtes erregt, ist kein Resultat der Verwöhnung unseres Gaumens, sondern ein Sträuben des Organismus gegen die ihm schädlich werdende Nahrung, und es scheint dieser Widerwillen, dies Bedürfniß nach Wechsel nicht allein aus chemischen Prinzipien erklärlich, da manche Substanzen, welche in dieser Hinsicht alle Bedingungen vereinigen, dennoch nicht bei alleinigem Fortgebrauche das Leben zu fristen vermögen.

Die chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel, ihr Gehalt an Proteinverbindungen, Fett und anorganischen Salzen reicht aber noch nicht hin, die Stoffe zum Genusse tauglich zu machen; ein wesentliches Erforderniß ist noch, daß die Form, in welcher sie geboten werden, auch den Verdauungskräften angemessen sey. Auf Erzielung dieser leichteren Auflöslichkeit der Nahrungsstoffe sind jene vorgängigen chemischen Operationen gerichtet, welche wir unter dem Namen der Kochkunst begreifen. Theils durch die Zerkleinerung und zweckmäßige Mischung, theils durch Einwirkung der Wärme bringen wir unsere Speisen in einen Zustand, wo die Verdauungskräfte in weitester Ausdehnung auf sie wirken können, und je nachdem schon die organische Substanz an und für sich leichter oder schwerer durch die Verdauungsflüssigkeiten auflösbar ist, unterscheiden wir leicht oder schwer verdauliche Speisen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch diese Verhältnisse nach genauen chemischen Analysen der in Betracht kommenden Agentien klar gemacht werden können; allein einerseits stehen unsere Kenntnisse der Zusammensetzung der Nahrungsmittel noch nicht auf der nöthigen Stufe der Vollendung, während anderseits die Verdauungsflüssigkeit individuelle Abweichungen zeigen kann und zeigt, deren Grenzen wir noch nicht kennen. Ja selbst bei durchaus ähnlichen Stoffen treten Verhältnisse ein, die durch die heutige Chemie noch nicht enträthselt werden können. Ochsenfleisch und Kalbfleisch zeigen keine verschiedene chemische Zusammensetzung, und dennoch ist das eine weit leichter verdaulich als das andere. Es scheint, als walten hier dieselben Erscheinungen ob, welche sich in der unorganischen Natur bei dem Isomerismus zeigen, der bekanntlich darin besteht, daß ganz gleich zusammengesetzte Körper verschiedene chemische Eigenschaften zeigen können. Frisch gefällte Thonerde löst sich mit größter Leichtigkeit in Säure auf, getrocknet und geglüht wird sie fast durchaus unlöslich und dennoch ist es derselbe Körper. So mag es auch bei vielen Nahrungsmitteln seyn; sie enthalten dieselben chemisch gleich zusammengesetzten Körper, aber in mehr oder minder löslichen

Modifikationen und sind deßhalb leichter oder schwerer verdaulich.

Die Kenntniß der Nahrungsmittel von diesem Gesichtspunkte aus ist aber von der höchsten praktischen Wichtigkeit und von alten Zeiten her hat man schon auf verschiedenen Wegen zu solcher Kenntniß zu kommen gesucht. Der Erbsenbrei und das Pökelfleisch, die einen Matrosen vortrefflich nähren, würden einen am Nervenfieber oder an Schwäche des Magens leidenden Kranken ohne Weiteres tödten. Ein Jeder zwar kennt mehr oder weniger aus Erfahrung, was ihm zusagt und was nicht; aus der Vergleichung dieser Erfahrungen sind allgemeine Regeln der Diät hervorgegangen, welche überall so ziemlich dieselben sind. Versuche von wirklich wissenschaftlichem Werthe über diese Frage sind aber erst in neuester Zeit gemacht worden und vielleicht, daß sich auf die eine oder andere Weise Gelegenheit bietet, sie zu vervollständigen.

Ein canadischer Arzt hatte zu seiner Disposition einen Jäger, dem in Folge einer bedeutenden Schußwunde eine Oeffnung im Magen zurückgeblieben war, durch welche man sich über alle Vorgänge in diesem Organe leicht Auskunft verschaffen konnte. Sobald der Mann eine Mahlzeit zu sich genommen hatte, so wurden die Fortschritte der Verdauung beobachtet und der Zeitpunkt bestimmt, wo die Umwandlung der Nahrung in vollkommenen Speisebrei vollendet war. Die Resultate dieser Untersuchungen können nicht allgemein bindend seyn, da der individuellen Abweichungen zu viele sind; allein ich halte ihre Aufführung um so zweckmäßiger, als sie eben einen Maßstab zur Vergleichung der Thatsachen mit den herschenden Ansichten geben. Zur vollständigen Umwandlung in Speisebrei bedurften: Gekochte Schweinsfüße, gebratener Ochsenmagen, gekochter Reis 1 Stunde; weiche süße Aepfel, geschlagene Eier, gekochte Lachsforelle, Gerstensuppe, gebratene Lachsforelle, gerösteter Hirsch 1 St. 30 M.; gekochter Sago, gekochtes Gehirn 1 St. 45 M.; mit Essig angemachter Kohl, weiche saure Aepfel, gekochter Tapioka, gekochte Milch, rohe Eier, trockener gesottener Stockfisch, gebratene

Ochsenleber, kalte Milch mit Brod, gekochte Gerste 2 Stunden; frische Milch 2 St. 15 M.; gekochte Gallerte, Zuckerbrod, gekochter Pastinak, roher Kohl, Truthahn, geröstet und gesotten, Haché mit Kartoffeln, geröstete Kartoffeln, wilde Gans, geröstet, Spanferkel, gesottene Bohnen 2 St. 30 M.; gekochtes Rückenmark 2 St. 40 M.; Eier und Milchpudding 2 St. 45 M.; rohe harte saure Aepfel 2 St. 50 M.; rohe Austern 2 St. 55 M.; weich gesottene Eier, geschmortes Hammelfleisch, frisches mageres Ochsenfleisch geröstet, Beafsteak, roher Schinken, gebratener Barsch, gesottene Bohnen, Kuchen, gebratenes Rindfleisch 3 St.; gekochte gelbe Rüben, geröstetes Hammelfleisch 3 St. 15 M.; gebratene Butter, zerlassene Butter, Hammelfleischsuppe, frisches Weizenbrod, Austernsuppe, gekochte weiße Rüben, Bratwurst, fettes Rindfleisch, gekocht, alter Käse, hart gesottene Eier, gedämpfte Austern, gekochte Kartoffeln 3 St. 30 M.; gesottenes Ochsenfleisch mit Salz 3 St. 35 M.; Butterbrod mit Kaffee, türkisch Korn gekocht, gekochte Bohnen, gebratenes Hammelfleisch 3 St. 45 M.; geröstetes Schweinefleisch 3 St. 50 M.; gebratenes Rindfleisch, gekochtes Geflügel, gekochter gesalzener Lachs, gebratenes Herz, gekochte Hühner, gebratenes Kalbfleisch, Rindfleischsuppe, trockenes Brod und Kaffee, gebratene Ente 4 St.; gekochte Knorpel 4 St. 15 M.; frisch gesalzenes Schweinfleisch, gekocht, Hammeltalg, gekochter Kohl, gebratene Wildente 4 St. 30 M.; gekochte Sehnen und Ochsentalg 5 St. 30 M.

Ein anderer Beobachter benützte die Fähigkeit die er besaß, durch Lufteinschlucken sich willkürlich zu erbrechen, um Untersuchungen über seine Verdauung anzustellen. Er nahm bestimmte Mahlzeiten ein und erbrach sie nach einer gewissen Zeit wieder um den Grad ihrer Chymificirung zu untersuchen. Hierbei ergaben sich als leicht verdauliche Substanzen, d. h. als solche, welche im Magen binnen 1—1½ Stunden in einen Brei verwandelt werden: Spinat, Selleri (mit Ausnahme der Strünke), Spargel, Hopfen, Berghopfenkeime, Artischocken, aus verschiedenen Obstsorten bereitetes Muß, Brei von Getreidekörnern,

Roggen, Gerste, Mais, Reis, Erbsen, Bohnen, Kastanien, einen Tag altes Brod und alle Art von Gebäck, das keine Butter enthielt, Rüben, Kartoffeln, arabischer Gummi, Kalbfleisch, Huhn, junges Schöpsenfleisch, junges Geflügel, frisch gelegte und weich gesottene Eier, Kuhmilch und in Wasser gekochte, mit Salz und Petersilie versehene Barsche. Zu den minder verdaulichen Substanzen, d. h. zu denen, welche nach 1—1½ Stunden unvollständig chymificirt waren, gehörten die rohen Kräuter des Salates, der Huflattig, der Löwenzahn, die Brunnenkresse, die Cichorie, der Weißkohl, der Mangold, die gekochten und die rohen Zwiebeln, Meerrettig, rothe und gelbe Rüben, das Fleisch von nicht saftigem Kernobste, neu gebackenes Brod, frische und trockene Feigen, Pasteten, Schweinfleisch und alle daraus bereiteten Speisen, gekochtes Blut, hartgesottene Eier und Eierkuchen. Als Nahrungsmittel endlich, welche innerhalb der gewöhnlichen Zeit von 4 Stunden nicht verdaut wurden, zeigten sich Champignons, Morcheln, Trüffeln, welsche Nüsse, Haselnüsse, Mandeln, Pinien, Pistazien, Rosinenkerne, Kerne von Birnen, von Aepfeln, von Pomeranzen, von Johannisbeeren, von Citronen, von Oliven, Cacaobohnen, ausgepreßte fette Oele von Nüssen, Mandeln, Haselnüssen und Oliven, trockene Rosinen, die Hülsen der Erbsen, der Bohnen, der Linsen, des Roggens, der Gerste, die Schoten von Erbsen und Bohnen, die Haut der Kirschen, der Aprikosen, der Pflaumen, der Pfirsichen, der Prunellen, die Schale des Kernobstes, der Beeren, der Aepfel, der Birnen, der Johannisbeeren, der Stachelbeeren, der Pomeranzen, der Citronen, Orangeat, Citronat, die Samenbehälter der Birnen und der Aepfel, die Kerne der Pflaumen und der Kirschen, die sehnichten und häutigen Theile des Rindes, des Kalbes, des Schweines, des Geflügels, des Rochens, die Knochen, die fettigen und öligen Substanzen dieser Thiere und das Eiweiß von hart gekochten Eiern durch einen Zusatz von Oel oder Fett wurden auch in diesem Falle alle Nahrungsmittel schwerer verdaulich. Gebratener oder mit Oel, Wein oder weißer Brühe zubereiteter Barsch ging schwerer als in Wasser gesottener

in Chymus über. Ein Zusatz von Sauerampfer zu dem Spinate verminderte die Verdaulichkeit des letzteren. Die Digestion der Breiarten von Aepfeln, Birnen, Pflaumen u. dgl. wurde durch einen Beisatz von Zucker und Zimmet begünstigt. Schwarzbrod verdaute sich schlechter als weißes, frisches schwerer als einen Tag altes; gesalzenes Gerstenbrod leichter als ungesalzenes, Buchwaizenbrod schwieriger als Brod von reinerem Mehl. Die Brodrinde soll eben so verdaulich als das Weiche seyn. Alle jüngeren Thiere wurden wiederum leichter als ältere verdaut. Als Substanzen, welche die Digestion verzögern, fand Gosse viel lauwarmes Wasser; Säuren, Adstringentien wie China, alle fette Speisen, Abkochung von Solanum dulcamara, mineralischen Kermes und Sublimat. Als Beförderungsmittel der Digestion ergaben sich Kochsalz, Pfeffer, Zimmt, Muskaten, Nelken, Senf, Meerrettig, Rettig, Kapern, Wein, geringe Menge Liqueurs, alter Käse, Zucker und verschiedene bittere Dinge.

Man sieht, der Genfer Arzt und der canadische Jäger verdauten nicht in gleicher Weise und es bedürfte einer großen Menge vergleichender Versuche mit verschiedenen Individuen, um die allgemeinen zur Basis dienenden Regeln aufstellen zu können. Bis dahin wird die Diätetik stets mehr oder minder dem reinen Empirismus verfallen bleiben und der Arzt seinen Reconvalescenten diejenige Speise als die verdaulichste rathen, welche er selbst am leichtesten verdaut. Die Natur hat uns übrigens in Betreff der Zusammensetzung eines Nahrungsmittels das beste Beispiel in der Milch aufgestellt, welche bekanntlich eine zuckerhaltige Flüssigkeit darstellt, in welcher ein äußerst leicht löslicher Proteinkörper, der Käsestoff, aufgelöst ist, während ein leicht schmelzbares Fett, die Butter, in kleinen Tröpfchen und Kügelchen darin vertheilt ist. Außerdem ist die Milch ziemlich reich an unorganischen Bestandtheilen, namentlich an phosphorsaurem Kalk, dessen der Säugling zur Aufbauung seines Skelettes so sehr benöthigt ist. Wir sehen mithin in der Milch eben so gut den Urtypus aller Nahrungsmittel, als wir im Blute den aufgelösten Organismus erblickten; als formlose Flüssigkeiten

vereinen diese beiden Stoffe alle Substanzen in sich, welche durch die Erhaltung einer bestimmten Form integrirende Körperbestandtheile werden und durch Mischung zuckriger oder stärkmehlhaltiger Pflanzenstoffe mit Fetten und thierischen Theilen suchen wir dem Ideale eines Nahrungsmittels, der Milch, so nahe als möglich zu kommen.

Fünfter Brief.

Die Athmung.

Der Brustkasten eines Skelettes stellt einen von vorn nach hinten zusammengedrückten hohlen Kegel vor, dessen Spitze nach dem Halse, dessen Grundfläche nach dem Bauche zugewandt ist, und dessen Wände von zwölf Paaren platter gebogener Knochenstäbe, den Rippen, gebildet werden. Zwei feste Linien bieten die Stützpunkte für diese beweglichen Knochen; auf der Rückenseite die Wirbelsäule, an deren Körpern die Rippen eingelenkt sind, vorn das Brustbein, ein platter langer Knochen, woran sich die Rippen theils durch Gelenke, theils durch elastische Knorpelstücke befestigen. Ein leichter Druck auf das Brustbein angebracht, preßt dieses gegen den Rückgrat zu; die Rippen selbst lassen sich leicht in die Höhe ziehen und niederdrücken. Schon diese Anordnung des starren Gerüstes der Brust gestattet demnach eine Erweiterung und Verengung der Brusthöhle. Die breite, dem Bauche zugewandte Fläche des Kegels ist aber durch eine muskulöse Querscheidewand, das Zwerchfell, von der Bauchhöhle getrennt. Diese Querscheidewand ist nicht platt ausgespannt, sondern sie bildet eine gewölbte Fläche, deren convexe Seite der Brust, die konkave dem Bauche zugewandt ist. Die Zusammenziehung des Zwerchfells muß, da es rings umher mit starken Muskelfasern an den Rippen und der Wirbelsäule befestigt ist, eine Abplattung seiner Wölbung zur Folge haben, mithin den Raum der Brusthöhle vergrößern, denjenigen der Bauchhöhle verkleinern. Sowohl zwischen den einzelnen Rippen, als auch auf ihrer äußeren Fläche sind viele Muskeln angebracht, welche

alle mehr oder minder die Rippen nach oben und außen ziehen, mithin ebenfalls den innern Raum vergrößern können, indem die horizontalen Dimensionen durch solche Bewegung der Rippen zunehmen, die Abnahme in der Länge dagegen, welche durch dies Aufziehen der Rippen erfolgt, hinlänglich durch das Hinabsteigen des Zwerchfelles ausgeglichen wird.

In diesem festen Korbe nun sind die Lungen, das Hauptorgan der Athmung, mit dem Herzen aufgehangen. Die Innenseite des Rippenkorbes ist mit einer festen undurchdringlichen Haut, dem Rippenfelle ausgekleidet, so daß der Rippenkorb einen hermetischen Verschluß darbietet. Die Lungen selbst aber sind, im Großen betrachtet, elastische Säcke, welche durch eine steife Röhre, die Luftröhre, mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehen. Sie können sich nicht selbstständig ausdehnen oder zusammenziehen; aber durch ihre Elasticität und ihre stete Füllung mit Luft füllen sie den Rippenkorb stets vollständig aus; erweitert sich dieser, so dehnen sich die Lungen mit aus und die äußere Luft strömt durch die Luftröhre in die Lungensäcke ein — wir athmen ein; zieht sich der Brustkorb zusammen, so werden die Lungensäcke zusammengedrückt und ein Theil der Luft aus ihnen durch die Luftröhre ausgepreßt — wir athmen aus.

Nicht also durch selbstständige Zusammenziehung und Ausdehnung der Lungen, sondern vielmehr durch das wechselnde Spiel der an dem Brustkorbe befestigten Muskeln werden die Athembewegungen hervorgebracht und die Bedingung ihrer Fortdauer ruht einzig und allein in dem vollkommenen luftdichten Verschlusse des Brustkastens und in dem dadurch entstehenden luftleeren Raume zwischen Brustkorb und Lunge. Dieser Verschluß ist durch das Brustfell bedingt, welches jederseits einen vollkommen geschlossenen Sack darstellt, in dem die Lunge steckt, etwa wie der Kopf in einer baumwollenen Nachtmütze, um mich eines trivialen, aber durchaus wahren Vergleiches zu bedienen. Die eingestülpte Hälfte des Sackes umgibt die Lunge, ist mit ihr verwachsen; die äußere Hälfte ist an der Brustwand angewachsen; sobald diese sich ausdehnt und von der Lunge entfernen will, so entsteht in dem

Brustfellsacke ein luftleerer Raum, und die äußere Luft stürzt in die Lungen, um diesen Raum zu erfüllen, etwa wie bei Oeffnung eines Blasebalges die Luft durch die Klappe nachstürzt.

Bei ruhigem Athmen in aufrechter oder sitzender Stellung sind es hauptsächlich die abwechselnden Zusammenziehungen des Zwerchfelles, welche das Ein- und Ausströmen der Luft in die Lungen bedingen. Kaum daß der Rippenkorb sich etwas weniges erweitert; in horizontaler Lage dagegen, so wie bei heftigern Athembewegungen tritt seine Theilnahme deutlicher hervor. Die Wirkung der einzelnen Muskeln hier zu analysiren, würde zu weit von unserm Ziele abführen; es genügt darauf aufmerksam zu machen, daß sie alle zwar vom Willen abhängig sind, aber dennoch nur bis auf einen gewissen Grad, und daß wir ihre Wirkung zwar willkürlich beschleunigen oder verzögern, uns aber dennoch derselben nicht gänzlich enthalten können. Die Athembewegungen gehören, nebst vielen anderen Muskelaktionen, zu jener Klasse von Bewegungen, welche einem tieferen Gesetze gehorchen, als der bloßen Willkür; ihre Ursachen und Gründe werden wir in einem späteren Briefe besprechen.

In gewöhnlichem normalen Zustande athmen wir durchaus bewußtlos; wachend und schlafend fahren die Athemmuskeln in ihrem regelmäßigen Spiel fort und eine bestimmte Anzahl von Inspirationen wird in diesem normalen Zustande beobachtet. Die größere oder geringere Zahl der Athemzüge hängt eines Theils von dem Alter, anderntheils aber auch von der Körpermasse des Individuums ab, sie steht in bestimmter Beziehung zu dem Herzschlage, der ganz in demselben Verhältnisse zur Körpermasse sich befindet. Im Mittel thut ein neugebornes Kind 45—50 Athemzüge in der Minute, ein fünfjähriges 26; die Zahl nimmt allmählig ab bis in das kräftige Mannesalter von 30—40 Jahren, wo sie zwischen 16 und 18 Athemzügen in der Minute schwankt, um dann im höheren Alter wieder um ein Geringes zuzunehmen. Im Kindesalter gehen 3 bis 3½, im Mannesalter 4 bis 4½ Herzschläge auf einen normalen Athemzug.

Es war ein Ergebniß der einfachsten Erfahrung, daß das

Athmen des Menschen und der Thiere die umgebende Luft verändere und allmählig untauglich mache. Ehe aber die Chemie so weit gekommen war, die Luftarten mit eben so viel Schärfe und Genauigkeit analysiren zu können, als die verschiedenen festen und flüssigen Substanzen, ehe sie so weit gekommen war, konnte man natürlich nicht erwarten, daß eine genügende Erklärung dieser Thatsache und eine vernünftige Ansicht über den Athemprozeß überhaupt aufgestellt würde. Man kannte die Thatsache, man wußte, daß in eng verschlossenen Räumen Menschen und Thiere bald Athembeschwerden bekamen, die Haut blauroth wurde, die tiefsten Athemzüge kein Genügen fanden, und daß bei Fortsetzung der Einsperrung dieselben convulsivisch wurden, das Bewußtseyn schwand, und endlich nach den heftigsten Convulsionen und Verdrehungen das Leben allmählig erlosch; man wußte, daß diese Erscheinungen ganz in derselben Weise bei dem Tode durch Erdrosseln oder Ertrinken eintreten; allein den tieferen Grund derselben konnte man nicht erkennen, da die Zusammensetzung der eingeathmeten und ausgeathmeten Luft und somit die Veränderung der Luft durch das Athmen nicht gekannt war. Erst mit Lavoisier, dem Vater der heutigen Chemie, brach auch für den Athemprozeß das Licht an, und seine Arbeit über denselben wird stets als eine der herrlichsten in der Geschichte der Chemie dastehen.

Jedermann weiß, daß bei kalter Luft unser Hauch einen Nebel bildet, der sich an kalte Körper in Gestalt kleiner Tropfen niederschlägt. In unbewohnten Zimmern laufen die Fenster im Winter nicht an, sie gefrieren nicht; sobald aber das Zimmer bewohnt ist, so schlägt sich auch an den von außen erkälteten Scheiben die Feuchtigkeit nieder. Die ausgeathmete Luft enthält demnach eine bedeutende Quantität Wasser in Dampfgestalt, welches durch die Kälte in Tropfen condensirt wird; und zwar ist sie, wie die neuern Untersuchungen ergaben, vollständig mit Wasserdampf gesättigt. Die absolute Menge von Wasserdampf, welche ein Gasgemenge aufnehmen kann, richtet sich aber nach der Temperatur desselben; je höher diese ist, desto mehr Wasser-

dampf bedarf es bis zur vollständigen Sättigung. Die ausgeathmete Luft hat nun nahezu die Temperatur des Blutes; wiederholte Versuchsreihen haben ergeben, daß selbst bei sehr verschiedenem Wärmegrade der äußeren Luft die Temperatur der Ausathmungsluft nur zwischen 36—38 Graden des hunderttheiligen Thermometers schwankte. Die Menge von Wasserdampf, welche wir ausathmen, richtet sich demnach hauptsächlich nach der Temperatur, welche die Luft im Innern der Lunge erhält, und je trockner und kälter die eingeathmete Luft ist, desto mehr Wasser muß in unseren Körper aufgenommen und in den Lungen ausgeschieden werden, um die Ausathmungsluft auf ihren bestimmten Sättigungsgrad bringen zu können. Nur wenn wir eine Luft einathmeten, die 36—38 Grad Wärme hätte und vollkommen mit Wasserdampf gesättigt wäre, nur dann würde der Athemprozeß keinen Verlust an flüssigem Wasser herbeiführen; unter gewöhnlichen Umständen aber muß Wasser aus dem Blute in den Lungen abgeschieden werden und dieser Verlust, den wir erleiden, wird natürlich um so größer seyn, je tiefer und häufiger unsere Athemzüge sind. Der Durst, den wir bei heftigen Muskelanstrengungen, bei Märschen in drückender Sonnenhitze empfinden, findet in diesen Verhältnissen seine Erklärung; wir athmen weit häufiger bei solchen Anstrengungen, es wird eine größere Menge Wasserdampf in den Lungen abgeschieden und durch den Durst drückt der Körper sein Bedürfniß nach Ersatz dieses Wassers aus.

Der innere Bau der Lunge ist vortrefflich zur Realisirung der eben angeführten physikalischen Erscheinungen geeignet. Die Luftröhre theilt sich in einen Ast für jeden Lungenflügel, und jeder dieser Aeste in eine Unzahl von Zweigen und Reiserchen, die endlich in zahllose kleine Bläschen oder Blindsäckchen sich auflösen, deren häutige Umgebung ungemein zart ist. Alle diese Bläschen und Zellchen sind beständig mit Luft erfüllt; eine gesunde Lunge schwimmt deßhalb auf dem Wasser, während die eines Kindes, das noch nicht geathmet hat, darin untersinkt. In den dünnen häutigen Wänden der Lungenzellchen vertheilen sich die Capillarien der Lungengefäße, und ihre Maschen sind so

dicht gedrängt, die Zwischenräume zwischen denselben so gering, daß die Lungensubstanz fast nur Inselchen zwischen den Gefäßströmchen bildet. Die außerordentliche Dünne und Zartheit der Wandungen der Lungencapillarien sowohl als auch der Lungenzellchen begünstigt den Austausch von gasförmigen und flüssigen Substanzen im höchsten Grade. Das in den Lungen circulirende Blut ist allseitig von Luft, die in den Lungenzellen enthaltene Luft allseitig von strömendem Blute umgeben. So erklärt es sich denn leicht, wie die eingeathmete Luft, so kalt sie auch seyn mag, augenblicklich die Temperatur des sie umgebenden Blutes annimmt, so wie sie auch sogleich in der Berührung mit der Blutflüssigkeit sich mit Wasserdampf sättigt.

Es ist eine durch Experimente nachgewiesene Thatsache, daß die Menge der ausgeathmeten Luft durchaus derjenigen der eingeathmeten Luft gleich ist, daß mithin das Volumen der Luft durch den Athemprozeß keine Veränderung erfährt. Die Veränderung, welche die eingeathmete Luft erleidet, kann demnach nur eine chemische seyn und es ist leicht sich zu überzeugen, daß sie wirklich eine solche ist. Ein Theil des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffes ist nämlich in der Ausathmungsluft durch Kohlensäure ersetzt worden.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge zweier Gasarten, Stickstoff und Sauerstoff. Ihre Zusammensetzung ist, wenige Variationen abgerechnet, fast überall die nämliche, sie enthält im Durchschnitte dem Volumen nach 20,802 Prozent Sauerstoff und 79,198 Stickstoff, oder, da der Sauerstoff schwerer ist als der Stickstoff, 23,0 Prozent Sauerstoff und 77,0 Stickstoff dem Gewichte nach. Der Stickstoff bleibt in dem Athemprozesse unverändert; dagegen findet man in der ausgeathmeten Luft die Menge des Sauerstoffes vermindert und durch ein entsprechendes Volumen Kohlensäure ersetzt. Dem Mittel nach enthält die ausgeathmete Luft im Mannesalter 4,380 Prozente Kohlensäure dem Volumen nach, oder, da die Kohlensäure bedeutend schwerer ist als der Sauerstoff, 6,546 Prozente dem Gewichte nach.

Nichts ist leichter, als sich von dem Gehalte der ausgeathmeten

Luft an Kohlensäure zu überzeugen. Man braucht nur durch ein Röhrchen in Kalkwasser zu blasen, um sogleich eine Trübung entstehen zu sehen, die sich bald vermehrt und endlich einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk bildet, der mit Säuren übergossen, sich mit heftigem Brausen auflöst. Es war von äußerster Wichtigkeit für die ganze Physiologie und namentlich für die Ernährung, zu bestimmen wie groß die Quantität der von dem Menschen binnen einer gewissen Zeit ausgehauchten Kohlensäure sey, da man hierdurch bei der bekannten Zusammensetzung dieses Gases auch zugleich berechnen konnte, wie groß der Verlust an Kohlenstoff sey, den der Körper durch die Respiration erleide. Die Lösung dieser Aufgabe hat ihre eigenen Schwierigkeiten. Keine Thätigkeit des Körpers ist größeren Schwankungen unterworfen, als gerade die Respiration; — die geringste Anstrengung, das kleinste Hinderniß, jede Gemüthsbewegung wirkt bald beschleunigend, bald verlangsamend auf sie zurück, und gerade wenn wir uns zwingen wollen, so regelmäßig als möglich zu athmen, so wird schon durch die geistige Spannung eine gewisse Unregelmäßigkeit bedingt. Die Versuche der neueren Zeit erst, in welchen man allen Verhältnissen so viel Rechnung als möglich getragen hat, und wo durch die zur größten Genauigkeit gesteigerten Mittel der Analyse auch genaue Resultate erlangt wurden, verdienen Zutrauen. Da die Zahl und Tiefe der Athemzüge und somit das Volum der bei jedem Athemzuge und die Menge der während einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft den bedeutendsten Schwankungen je nach Alter, Geschlecht und Körperconstitution unterworfen sind, so mußten die mannichfachsten Versuche angestellt werden, um zu genügenden Mittelzahlen zu gelangen. Es ist hier nicht der Ort, die Methoden auseinander zu setzen, deren man sich bediente; das Prinzip aller besteht darin, das Individuum in einem langsamen Luftstrom, dessen Geschwindigkeit und Stärke man je nach Bedürfniß reguliren kann, athmen zu lassen und die Athemprodukte, Kohlensäure und Wasser, mit diesem Luftstrome in besondere Absorptionsapparate zu leiten, worin sie aufgenommen und dem

Gewichte nach bestimmt werden konnten. Ein langsamer Luftstrom ist deshalb durchaus nöthig, weil beim Athmen in geschlossenem Raume das Individuum bald Athembeschwerden haben würde, welche auf die Regelmäßigkeit der Athmung selbst den verderblichsten Einfluß äußern müßten. Es versteht sich von selbst, daß die Absorptionsapparate für die Kohlensäure und das Wasser so eingerichtet seyn müssen, daß auch nicht die geringste Spur davon verloren gehen kann, und daß die Luft, in welcher geathmet werden soll, durchaus von aller Kohlensäure, die sie zuweilen enthält, befreit seyn muß. Folgende Tabelle gibt die Mittelzahlen des ausgeathmeten Kohlenstoffes in Grammen (500 Grammen = 1 Pfund).

Alter des Individuums in Jahren.

8-15; 15-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70; 70-100.

Quantität des ausgehauchten Kohlenstoffes in einer Stunde, Grammen:

7,7 10,8 12,2 11,0 9,5 11,1 10,2 6,9.

In 24 Stunden:

134,8 259,2 292,8 264,0 228,0 266,4 244,8 165,6.

Diese Zahlen, wenn sie auch nicht so vollkommen genau seyn mögen, als wünschbar ist, können wenigstens so viel nachweisen, daß die Quantität des ausgehauchten Kohlenstoffes mit dem Wachsthume zunimmt, während des kräftigen Alters sich etwa auf gleicher Höhe erhält und im Greisenalter wieder sinkt. (Die abweichende Zahl zwischen 40 und 50 Jahren rührt daher, daß ein abgemagertes sieches Individuum mit in die Berechnung der Mittelzahl einbegriffen wurde.) Die Multiplication der für eine Stunde erhaltenen Daten auf den ganzen Tag ist jedenfalls etwas zu hoch, denn es ist bekannt, daß die Athemzüge im Schlafe seltener sind als im Wachen und schwerlich mag wohl die daraus entstehende Ungleichheit durch die größere Tiefe der Athemzüge des Schlafenden aufgewogen werden. Ich habe sie nur deßhalb gegeben, um die Menge des durch die Respiration unserem Körper entführten Kohlenstoffes anschaulicher zu machen, und man schlägt dieselbe gewiß nicht zu hoch an, wenn man für

einen kräftigen erwachsenen Mann ein halb Pfund Kohlenstoff (250 Gramme) per Tag annimmt. Wir werden in einem späteren Briefe zu ermitteln suchen, in welchem Verhältniß dies zu dem Gehalte der Nahrungsmittel an Kohlenstoff stehe.

Der Gehalt der Ausathmungsluft an Kohlensäure war schon, wenigstens annähernd, von Lavoisier bestimmt worden; es entstand nun die Frage, wo entsteht diese Kohlensäure? Wird sie in den Lungen durch den Respirationsprozeß gebildet, oder aber ist sie schon im venösen Blute vorhanden, und wird sie in den Lungen nur abgeschieden und Sauerstoff dafür eingenommen? Man entschied sich unbedingt für die erstere Ansicht, um so mehr als das Volumen des verschwundenen Sauerstoffes dem Volumen der ausgehauchten Kohlensäure gleich war und man wußte, daß der Kohlenstoff bei seinem Verbrennen das Volum des Sauerstoffes nicht ändere. Eine Kubikflasche reinen Sauerstoffes kann durch Verbrennen von Kohlenstoff in Kohlensäure verwandelt werden, ohne daß sie dabei ihr Volumen ändert; die neu entstandene Gasart ist nur durch den Kohlenstoff schwerer geworden. Da dies Verhältniß so genau in dem Respirationsprozesse sich wiederfand, so zögerte man nicht, denselben einer Verbrennung gleich zu setzen, und man behauptete ganz folgerecht, daß der Sauerstoff der Luft in den Lungen an das Blut trete, einen Theil des im Blute enthaltenen Kohlenstoffes verbrenne und sich so in Kohlensäure verwandele, die durch die Ausathmung abgeschieden werde. Man fand zugleich in dieser Ansicht eine natürliche Erklärung der thierischen Wärme; der Kohlenstoff entwickelt beim Verbrennen Wärme, der Verbrennungsprozeß in den Lungen mußte ebenfalls Wärme entwickeln, und da das Athmen eine beständig fortdauernde Funktion ist, so mußte diese Wärme eine anhaltende, constante werden. Zudem gelang es nicht, Gasarten aus dem arteriellen oder venösen Blute abzuscheiden, alle Versuche dieser Art scheiterten, und man fand in dem Verhältniß zwischen Athmung und Wärmeentwicklung so viel Nutzen für die herrschende Ansicht, daß man kaum daran dachte, eine andere Erklärung zu suchen.

Indeß wurde doch später durch einen einfachen Versuch nachgewiesen, daß ein solcher Verbrennungsprozeß in den Lungen nicht stattfinden könne. Wenn man nämlich ein Thier, einen Frosch, einen Vogel, ein Kaninchen unter eine völlig gesperrte Glasglocke bringt, die mit einem Gase erfüllt ist, das zwar an sich keine giftige Wirkung auf den Organismus hat, aber doch nicht den Athemprozeß unterhalten kann, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickstoffgas, so fährt das Thier noch eine Weile fort zu athmen, erstickt aber bald. Untersucht man nun die in der Glasglocke enthaltene Luft, so findet man, daß sie eine gewisse Quantität Kohlensäure enthält. Das Thier hat also, trotz dem, daß Wasserstoff oder Stickstoff nie Kohlensäure bilden können, dennoch diese Gasart ausgeathmet; es kann somit die Kohlensäure nicht unmittelbar in den Lungen aus dem Kohlenstoffe des Blutes durch Verbrennung gebildet werden, sie muß schon vorausgebildet in dem Blute enthalten seyn. Man fand außerdem durch Versuche, daß das Blut der Lungen nicht bedeutend wärmer sey, als das anderer Körpertheile, während doch nothwendig, im Falle wirklich die Lungen der thierische Ofen wären, wenn ich mich so ausdrücken darf, hier auch die Wärme größer als in den Leitungsröhren seyn müßte.

Bald wurde auch durch direkte Versuche ermittelt, daß man wirklich aus dem Blute, theils unmittelbar, theils durch Schütteln mit andern indifferenten Gasarten, z. B. Wasserstoff, Luft entwickeln könne, und zwar, daß in dem rothen, arteriellen Blute verhältnißmäßig mehr Sauerstoff enthalten sey, als in dem blauen venösen. Die Rolle, welche die Lunge in dem Respirationsprozesse spielt, konnte demnach nicht mehr zweifelhaft seyn. Sie ist offenbar nur die Filtrirmaschine, durch welche die Kohlensäure des venösen Blutes gegen den Sauerstoff der Luft ausgetauscht wurde, und die Verbrennung des Kohlenstoffes wird demnach nicht in den Lungen vor sich gehen, sondern vielmehr überall in allen Gebilden des Körpers, wo Stoffwechsel durch Blutcirculation unterhalten wird. In dem Ernährungsprozesse der Gebilde müssen die chemischen Veränderungen vor sich gehen, welche die Bildung

der Kohlensäure bedingen und durch die im arteriellen Blute gegebene stete Zufuhr von Sauerstoff werden diese chemischen Veränderungen bedingt, wird das zu den Umwandlungen nöthige Element geliefert.

Mit dieser Ansicht des Athemprozesses stehen auch die übrigen secundären Erscheinungen der Wärmeerzeugung vollkommen im Einklang. Es ist eine Thatsache, daß Muskelbewegungen stärkere und häufigere Athemzüge und lebhaftere Körperwärme bedingen; allein beobachtet man genauer, so ergibt sich, daß diese lebhaftere Wärme erst einige Zeit nach der Beschleunigung der Athmung eintritt, und daß sie auch partiell mehr das bewegte Glied betrifft als den ganzen Körper. Die Beschleunigung der Athmung bringt aber natürlich schnelleren Herzschlag, schnelleren Blutlauf, somit lebhaftere Sauerstoffzufuhr und lebhafteren Umsatz der Gebilde. Die partielle Wärmeerhöhung rührt daher, daß Bewegung stets auch den chemischen Umsatz befördert, beschleunigt und somit durch die Bewegung des Beines, z. B, in diesem der Umsatz der Gebilde, die Ernährung und somit die Wärmeerzeugung verstärkt wird.

Kehren wir indeß nach dieser Digression, auf deren nähere Verhältnisse wir bei der Ernährung und der Erzeugung der thierischen Wärme näher eingehen werden, noch einmal zu dem Athemprozesse und der Rolle, welche die einzelnen dabei betheiligten Organe spielen, zurück. Die Thatsache, daß in dem Akte der Athmung Kohlensäure aus dem blauen Blute abgeschieden und dafür Sauerstoff aus der Luft aufgenommen werde, ist ein= für allemal festgestellt. Allein es handelt sich darum, zu bestimmen, welchen Antheil bei diesem Prozesse die verschiedenen Bestandtheile des Blutes haben; ob überhaupt die aufzunehmenden und ausgeworfenen Gasarten einen bestimmten Bezug zu der einen oder andern, morphologischen oder chemischen Substanz des Blutes haben, und in wie fern dies ewige Wechselspiel zwischen Kohlensäure und Sauerstoff, welches in den Lungen und Körpercapillaren sich befindet, erklärt werden könne?

Wir haben in einem vorhergehenden Briefe die morphologische

Zusammensetzung des Blutes kennen gelernt und gefunden, daß im lebenden Körper zwei Bestandtheile unterschieden werden können, festere münzenartige Plättchen, die Blutkörperchen und eine klebrige Flüssigkeit, worin sie schwimmen, das Plasma. Die Blutkörperchen sind die Träger des Farbstoffes; das Plasma für sich allein von den Körperchen getrennt, ist farblos; es erhält eine gelbliche Färbung nur durch Auflösung des in den Blutkörperchen befindlichen Blutrothes und solche Auflösung findet nur in krankhaften Verhältnissen Statt. Das frische Blutroth hat eine dunkle, blaurothe Farbe; durch Aufnahme von Sauerstoff wird es kirschroth, und es ist leicht durch Versuche nachzuweisen, daß die Blutkörperchen sehr begierig den Sauerstoff der Luft anziehen und dadurch ihre Farbe ändern. In dem Plasma befindet sich kein Stoff, welcher mit dem Blutrothe in dieser Verwandtschaft zu dem Sauerstoff wetteifern könnte. Es darf demnach der Schluß wohl gerechtfertigt erscheinen, daß die Blutkörperchen diejenigen Formbestandtheile des Blutes sind, welche den Sauerstoff der Luft an sich ziehen und ihn so den Organen des Körpers zuführen.

Man hat geglaubt, die Kohlensäure, welche man in dem blauen Blute vorfindet, sey darin frei aufgelöst enthalten. Allein das Plasma, die Blutflüssigkeit, enthält ein Salz aufgelöst, welches äußerst leicht Kohlensäure einschluckt und sich damit chemisch verbindet; das Plasma enthält kohlensaures Natron, das, mit Kohlensäure in Berührung gebracht, sich in doppelt kohlensaures Natron umwandelt. Die Kohlensäure, welche in den Lungen ausgestoßen wird, bildet sich durch den Prozeß der Ernährung im Inneren der Gewebe; sie wird durch Imbibition von den Körpercapillaren aufgenommen und verbindet sich in diesen mit dem kohlensauren Natron des Plasmas.

Sauerstoff und Kohlensäure, die beiden in der Respiration betheiligten Gase, sind demnach an verschiedene Bestandtheile des Blutes gebunden; der Sauerstoff an das Blutroth der Körperchen, die Kohlensäure an das Natron des Plasmas. Beide Gase werden in verschiedenen Orten aufgenommen und abgeschieden;

der in den Lungen aufgenommene Sauerstoff wird in dem Parenchyma der Gewebe abgesetzt, und die an diesem Orte gebildete Kohlensäure in den Lungen abgeschieden.

Die Abscheidung der Kohlensäure und die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen stehen in einem gewissen Verhältnisse zu einander, und zwar richtet sich dies Verhältniß nach dem Diffusionsgesetze der Gase; der Austausch steht im Verhältnisse der Dichtigkeit der Luftarten. Für ein Volumen Kohlensäure z. B., welches in einer Flüssigkeit aufgelöst ist und durch Sauerstoff ausgetrieben werden soll, bedarf es nicht blos eines gleichen Volums Sauerstoff, sondern etwas mehr, weil eben die Kohlensäure eine größere Dichtigkeit besitzt, als der Sauerstoff. Dies Verhältniß nun ist, nach den neuesten Versuchen, vollständig bei der Athmung realisirt. Der Austausch zwischen Kohlensäure und Sauerstoff findet in dem durch das Diffusionsgesetz bedingten Verhältnisse statt. Indeß weist dies gerade noch nicht darauf hin, daß beide Gase, Kohlensäure wie Sauerstoff, frei im Plasma aufgelöst sind. Wenn der beim Athmen eintretende Sauerstoff sogleich von den Blutkörperchen in Beschlag genommen würde, so könnte er die Kohlensäure nicht austreiben; denn diese ist ja nicht mit den Blutkörperchen, sondern mit dem Plasma verbunden; allein der beim Athmen aufgenommene Sauerstoff muß erst, um zu den Blutkörperchen zu gelangen, eine Schicht Plasma durchdringen, und man kann deßhalb wohl behaupten, daß er auf diesem Wege die in der Flüssigkeit enthaltene Kohlensäure austreibe. Daß dieses Austreiben möglich sey, geht aus den Eigenschaften des doppelt kohlensauren Natrons hervor, das bei der Berührung mit andern Gasen die Hälfte seiner Kohlensäure entbindet.

Auf diese Weise ist demnach vollkommen leicht erklärlich, warum das Diffusionsgesetz in dem Austausche der beiden Gasarten im Respirationsprozesse realisirt seyn kann, trotz dem, daß die Gase an verschiedene Formelemente des Blutes gebunden sind.

Nehmen wir aber auch somit das Verhältniß der Blutkörperchen

und des Plasma zu den Gasarten als erwiesen an, so erwächst eine, für die theoretische Betrachtung der Athmung nicht unbedeutende Schwierigkeit bei Vergleichung der Zusammensetzung der beiden Blutarten mit dem Produkte des Athmungsprozesses. Es wird Kohlensäure und Wasserdampf ausgeschieden und Sauerstoff aufgenommen; man könnte daher schon a priori erwarten, daß das rothe (arterielle) Blut an allen Stoffen gesättigter seyn müsse, als das blaue (venöse), weil das venöse Blut beim Durchgange durch die Lungen eine bestimmte Wassermenge abgegeben hat. Das arterielle Blut enthält nun zwar mehr Faserstoff als das venöse; allein nichts desto weniger ist es, den meisten Autoren zu Folge, spezifisch leichter und sein Wassergehalt größer. Der Gehalt an Gasen ist im arteriellen Blute bedeutender; man kann, wie zu erwarten ist, bedeutend mehr Sauerstoff aus dem arteriellen Blute ausscheiden, als aus dem venösen. Allein nach den bis jetzt vorhandenen Thatsachen ist auch der Gehalt des arteriellen Blutes an Kohlensäure unverhältnißmäßig bedeutender, als dies der Fall seyn müßte, selbst wenn gar keine Kohlensäure in den Lungen wäre abgeschieden worden. Das arterielle Blut enthält im Durchschnitte nach den bis jetzt bekannten Analysen 70 Vol. Kohlensäure und 25 Vol. Sauerstoff auf 1000 Vol. Flüssigkeit; das venöse Blut 47 Vol. Kohlensäure und 12 Vol. Sauerstoff. Sollte man demnach, ohne die direkten Resultate der Analysen der Ausathmungsluft zu kennen, und ohne der Beimischung des Chylus Rechnung zu tragen, aus der Verschiedenheit der beiden Blutarten auf diesen Prozeß schließen, so würde man zwar folgerecht Aufnahme von Sauerstoff postuliren, aber zugleich aus der verhältnißmäßig größeren Menge der Kohlensäure und des Wassers im arteriellen Blute auf eine Aufnahme von Wasser und Kohlensäure im Athmungsprozeß kommen müssen, während doch in der That Ausscheidung derselben Statt hat.

Man sieht, die bis jetzt bestehenden Analysen des Blutes in Beziehung auf seinen Gehalt an Gasen sind weit entfernt, mit den Analysen der Athmungsprodukte im Einklang zu stehen;

es existirt hier noch eine wesentliche Lücke in der faktischen Begründung der Theorie des Athmungsprozesses.

Aber nicht blos in den Lungen, auch in den peripherischen Capillaren des Körpers geht ein beständiger Austausch von Gasen vor sich und zwar in umgekehrter Ordnung. Die durch die Ernährung der Theile gebildete Kohlensäure tritt in das Blut über und statt ihrer wird Sauerstoff ausgeschieden. Der in der Athmung aufgenommene Sauerstoff verläßt demnach das arterielle Blut wieder; die Farbe der Blutkügelchen wird blauer.

Offenbar kann diese Ausscheidung von Sauerstoff nur darin beruhen, daß die Blutkörperchen theilweise sich auflösen, ihr Farbestoff sich zersetzt und der dadurch frei gewordene Sauerstoff in die Gewebe tritt. Dieser Sauerstoff kann nicht im Plasma aufgelöst bleiben, denn direkte Versuche belehren uns, daß dasselbe nur sehr wenig Sauerstoff aufnimmt. Dagegen wissen wir durch Versuche, daß der geronnene Faserstoff sehr lebhaft Sauerstoff einschluckt und ihn in Kohlensäure verwandelt; es ist mithin wahrscheinlich, daß der durch Zerstörung der Blutkörperchen aus dem Blute getretene Sauerstoff auf die festen Faserstoffgebilde des Körpers einwirkt und sich mit diesen verbindet.

Wir kennen kein Gewebe im ganzen Körper, welches mit solcher Begierde den Sauerstoff an sich zieht, als die Blutkörperchen; es kann mithin auch keine Kraft im Körper existiren, welche mächtig genug wäre, die Blutkörperchen ihres Sauerstoffes zu berauben; nur durch Zerstörung und Umsetzung derselben ist dies möglich. Daß aber eine solche Zerstörung der Blutkörperchen, Auflösung derselben im Plasma und beständige Wiedererzeugung, sowohl aus den Lymph- und Chylus-körperchen, als auch innerhalb der Bahnen des Kreislaufes selbst vor sich gehe, scheint nicht nur theoretisch begründet, sondern auch durch die unmittelbare Erfahrung bestätigt. Ich habe schon oben, in dem Briefe vom Blute, auf das Verhalten der Blutkörperchen unter dem Mikroskope und gegen Reagentien aufmerksam gemacht, und wenn auch unsere Beobachtungen noch nicht so weit gehen, um mit Bestimmtheit die Veränderungen darzulegen, welche die

Blutkörperchen während ihrer Existenz durchlaufen, so scheint doch wenigstens so viel ausgemacht, daß ein gewisser Bildungscyclus ihnen vorgezeichnet ist. Warum sollte dies auch nicht der Fall seyn? In allen Gewebtheilen des Körpers sehen wir einen steten Umschwung, selbst in den festesten Bestandtheilen, den Knochen, geht beständig Zerstörung des Vorhandenen, Ersatz des Zerstörten und Neubau Hand in Hand; sollen die Blutkörperchen die einzigen Gewebtheile seyn, die keinen cyclischen Veränderungen unterworfen sind? Gewiß aber stehen diese Veränderungen in den nächsten Beziehungen zum Athemprozeß, und namentlich scheinen die Phänomene, welche bei der Transfusion verschiedener Blutarten sich einstellen, darauf hinzudeuten. Bekanntlich kann man einem durch Blutverlust entkräfteten Thiere Blut, welches von einem andern Individuum derselben Art herrührt, nicht nur ohne Nachtheil, sondern sogar mit Vortheil einspritzen; es erholt sich. Selbst geschlagenes, mithin seines Faserstoffes beraubtes Blut hat denselben belebenden Einfluß. Allein die Einspritzung von Blut eines Thieres aus einer andern Klasse tödtet fast augenblicklich. Vogelblut einem Säugethiere, Säugethierblut einem Vogel eingespritzt, tödtet unmittelbar, selbst in kleinen Quantitäten, und in dem letzteren Falle kann der Tod nicht der verschiedenen Größe der Blutkörperchen und einem dadurch bedingten Hinderniß in der Circulation innerhalb der Capillargefäße zugeschrieben werden, denn die Blutkörperchen der Säugethiere sind kleiner als die der Vögel. Meines Erachtens kann diese giftige Wirkung der Einspritzung (Transfusion) von Blut einer anderen Spezies nur in der Beziehung der Blutkörperchen zum Respirationsprozesse gesucht werden, zumal da das seiner Blutkörperchen beraubte Serum keinen solchen verderblichen Einfluß übt.

Auf der andern Seite ist, wie wir oben gezeigt haben, durch die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen ein Theil des im venösen Blute enthaltenen doppelt kohlensauren Natrons in einfach kohlensaures Natron verwandelt worden, welches mit dem arteriellen Strome in die peripherischen Capillaren des

Körpers fortgerissen wird. Dort trifft es die aus den Geweben gebildete Kohlensäure an, welche es gierig anzieht, um sich aufs Neue mit derselben zu doppelt kohlensaurem Natron zu verbinden.

Sollen wir nun die Rolle, welche die im Blute enthaltenen Gase und die Bestandtheile des Blutes selbst spielen, näher bezeichnen, so wäre dies etwa in folgenden Sätzen zu geben. Die Gase des Blutes sind nicht in demselben aufgeschwämmt (diffundirt), sondern an einzelne Formelemente desselben gebunden. Die Blutkörperchen sind Sauerstoffschwämme. Das kohlensaure Natron des Plasmas bindet die Kohlensäure. In dem Athmungsprozesse wird Sauerstoff aufgenommen und eine, den Bestimmungen des Diffusionsgesetzes entsprechende Menge Kohlensäure abgeschieden; der Sauerstoff gelangt in die Gewebe durch Zerstörung der Blutkörperchen innerhalb der Capillaren des Körpers. Die Kohlensäure gelangt in das Blut der Körpercapillaren durch Anziehung vermittelst des im Plasma enthaltenen einfach kohlensauren Natrons.

Keiner der mannichfachen, bis jetzt über das Blut angestellten chemischen und mikroskopischen Versuche widerspricht dieser Ansicht; während es kaum möglich ist, nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft den Austausch der Gasarten aus einer einfachen freien Auflösung derselben in der Blutflüssigkeit zu erklären. Wenn beide Gasarten im Blute aufgelöst, oder, besser gesagt, diffundirt wären, so müßte in den Lungen der Sauerstoff die Kohlensäure austreiben, während umgekehrt in den peripherischen Capillaren die Kohlensäure den Sauerstoff austriebe; es ist leicht einzusehen, daß zwei Stoffe nicht in dieser Weise ihre Rollen gegen einander austauschen können. Daß indeß die Akten über diesen wichtigen Punkt noch nicht geschlossen sind, daß namentlich über den wirklichen Gehalt des Blutes an Gasarten noch fernere chemische Untersuchungen anzustellen sind, dies kann keinem Zweifel unterliegen, um so mehr als durch neuere Versuche über die Ernährung erwiesen scheint, daß auch Stickstoff durch den Athmungsprozeß aus dem Körper ausgeschieden werde.

Sechster Brief.

Die Absonderung.

An allen freien Oberflächen des Körpers, von welcher Gestalt sie auch seyn mögen, sehen wir unter normalen Umständen eine beständige Ausscheidung gasförmiger oder flüssiger Bestandtheile vor sich gehen. Auf der äußeren Haut, auf der inneren Oberfläche der Schleimhäute, der sogenannten serösen Umhüllungshäute, wie Brust- und Bauchfell, ist dieser Ausscheidungsprozeß in immerwährender Thätigkeit begriffen. Die Absonderungsprodukte dieser flächig ausgebreiteten Organe werden theils, wie von den Schleimhäuten des Mundes, der Lunge, des Darmkanales ꝛc. nach außen geschafft, theils aber auch bleiben sie, wie in den geschlossenen Säcken der serösen Häute, innerhalb derselben in geringer Menge aufbewahrt und nur zuweilen, in krankhaften Verhältnissen, sammeln sie sich in solcher Menge darin an, daß die Entfernung der angesammelten Flüssigkeit nothwendig wird.

Außer diesen flächigen Absonderungsorganen aber finden sich noch im Körper eine große Menge besonderer, zu dem speziellen Zwecke der Absonderung bestimmte Organe, welche einen zusammengesetzteren Bau haben und die wir unter dem Namen der Drüsen begreifen. Das Prinzip des Baues dieser Drüsen ist äußerst einfach und beruht auf dem Grundsatze, daß eine gebogene oder gewundene Haut auf demselben Raume weit mehr Fläche darbietet, als eine geradausgebreitete. Eine freie Oberfläche ist stets ein wesentliches Erforderniß zur Absonderung; wird aber diese freie Oberfläche aus gewundenen Schläuchen gebildet, so kann

sie eine ungeheure Ausbreitung bieten und dennoch auf einen kleinen Raum zusammengedrängt seyn. Die Grundform der Drüsen ist ein länglicher Blindsack, dessen Oeffnung sich auf der Oberfläche befindet, auf welche das Sekret ausgeführt werden soll. Dieser Sack erhält seitliche Verzweigungen, Verästelungen, die sich zu Röhren ausspinnen, welche sich zusammenknäueln, und bald in körnigen, traubenförmigen oder zelligen Bläschen ihr Ende finden. So bietet denn jede Drüse gleichsam das Bild eines mehr oder minder verästelten Baumes dar, dessen Stamm der Ausführungsgang ist. Die Röhren und Ausführungsgänge der Drüsen sind im Innern von eigenthümlichen Häuten, die oft außerordentlich fein werden, ausgekleidet, und in und auf diesen Häuten verbreiten sich die Blutgefäßnetze, aus welchen dann der Absonderungsstoff, das Sekret, geliefert wird. Die feinsten Drüsengänge sind immer noch weit dicker, als die feinen Capillarien der Blutgefäßnetze, und man kann kein treffenderes Bild für das Verhältniß zwischen Drüsengang und Blutgefäßnetzen finden, als dasjenige eines Fingers, der von einem Seidenhandschuh eingehüllt ist und wo der (hohle) Finger dem blinden Ende des Drüsenganges, das Seidengewebe dem Capillargefäßnetze entsprechen würde.

Wie außerordentlich weit die Vergrößerung der absondernden Oberfläche innerhalb einer Drüse durch Verzweigung und Verknäuelung der Drüsengänge und Bläschen durch die Natur getrieben wird, dies zeigen folgende Beispiele. Die Samenröhrchen des Hodens würden, zu einer einzigen Röhre zusammengefügt, eine Länge von 1015—1250 Pariser Fuß betragen und die gesammte Absonderungsfläche einen Rauminhalt von 17,7—20 Quadratfuß darbieten. Eine einzige Niere bietet eine Absonderungsfläche von 43,55 Quadratfuß. Man hat den angestellten Messungen zu Folge eine Tabelle der einzelnen Drüsen des menschlichen Körpers entworfen, worin bestimmt ist, wie viel Quadratfuß Absonderungsfläche ein Kubikzoll Volumen einer jeden Drüse zeigte, und man hat folgende Verhältnißzahlen gefunden, welche freilich nur entfernt approximativ seyn können.

1 Kubikzoll Hode hat . . .	2,58	O.-Fuß Absonderungsfläche,	
„ „ Niere	6,43	„	„
„ „ Ohrspeicheldrüse .	8,71	„	„
„ „ Thränendrüse . .	9,05	„	„
„ „ Unterzungendrüse	9,34	„	„
„ „ Unterkieferdrüse .	10,52	„	„
„ „ Bauchspeicheldrüse	12,63	„	„

Von den sämmtlichen Drüsen und flächigen Absonderungsorganen des Körpers sind für uns, die wir in das Spezielleren nicht eingehen können, nur drei von wesentlichem Interesse, die Haut, als Absonderungsorgan des Schweißes und der Ausdünstung, die Leber, der Galle wegen, und endlich die Nieren, in welchen eine der wesentlichsten Auswurfsflüssigkeiten, der Harn, abgeschieden wird. Wir haben schon in einem vorhergehenden Briefe den Bau der Leber und die Eigenthümlichkeit ihres fetten und alkalischen Sekretes, der Galle, näher ins Auge gefaßt.

Die Struktur der Haut hat zu den mannichfachsten Controversen Anlaß gegeben. Man hat vielleicht bei diesen Untersuchungen den großen Fehler begangen, daß man Verhältnisse, die man in einzelnen Fällen auffand, gleich als allgemeine Gesetze aufstellen wollte. Gerade bei der allgemeinen Bedeckung des Körpers aber gibt es, wie Jedermann wohl aus dem bloßen Augenschein weiß, die mannichfachsten Verschiedenheiten, und es heißt wahrlich die gesunden fünf Sinne beleidigen, wenn man behaupten will, daß die Haut einer zarten Blondine, durch deren weichen Sammt alle Adern durchschimmern, dieselbe numerische Zusammensetzung habe, wie die rissigen Borken, welche den Körper eines Grobschmiedes decken. Die geübte Zunge eines Gastronomen schmeckt Verschiedenheiten, welche den Reagentien des gewandtesten Chemikers entgehen; das Mikroskop und das Scalpell des Anatomen sind ebenfalls nur unvollkommene Werkzeuge, wenn man sie mit unserem Auge und unserer Hand vergleicht.

Im Allgemeinen besteht die Haut aus zwei Schichten; einer äußeren, aus dünnen Blättchen zusammengesetzten Schicht, welche sich beständig abschilfert und stets wieder neu aus der Tiefe

ersetzt; wir nennen diese Schicht die Oberhaut. Sie ist durchscheinend, nur schwer für Wasser durchdringlich und löst sich leicht durch Einwirkung blasenziehender Substanzen oder kochenden Wassers von der unteren Schicht, der Lederhaut, los; diese letztere besteht aus einem dichten Filze untereinander gewebter Fasern, in welchem sich viele Blutgefäße und Nerven verzweigen. Im Gewebe der Haut selbst finden sich zwei Arten von Drüsen; die einen öffnen sich meist in der Nähe der Haare oder in dem Kanal selbst, worin das Haar steckt; sie sondern eine fettige, talgartige Masse ab, man nennt sie Talgdrüsen; die andern, die Schweißdrüsen liegen alle unter der Haut im Zellgewebe und senden einen korkzieherartig gewundenen Ausführungsgang durch die Schichten der Haut und Oberhaut hindurch bis auf die Oberfläche. Die meisten Schweißdrüsen finden sich sonderbarer Weise an der Sohle und an der Hohlhand, bekanntlich zwei Stellen, an denen man selten oder nie schwitzt; die größten lassen sich in der Achselhöhle antreffen. Man hat berechnet, daß in der Hohlhand, welche die meisten Schweißdrüsen besitzt, sich deren 2736 auf einem Quadratzolle Oberfläche befinden, während am Nacken und Rücken, wo sie am seltensten sind, nur etwa 417 auf dem Quadratzoll sich finden. Aus dieser Vertheilung der Drüsen geht schon hervor, daß ihre Beziehung zu dem Schweiße nicht exclusiv seyn kann, sondern daß, wie auch aus andere Betrachtungen hervorgeht, die Hautausdünstung unmittelbar, ohne Vermittlung der Drüsen aus dem Blute der Haut geschieht. In gewöhnlichen Zuständen ist die Hautaussonderung nur eine Verdunstung; die Stoffe gehen in Gasform, für uns unsichtbar, davon, und man kann sich durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen, daß diese Absonderung eine beständige sey. Zu diesem Ende stecke man nur den Arm in einen Glascylinder, den man aber so gut als möglich fest anschließen läßt. Wenn auch keine Spur von Schweiß sichtbar war, so wird doch der Cylinder bald inwendig beschlagen und endlich an den Wänden Tropfen einer klaren, salzig schmeckenden Flüssigkeit sich ansammeln, die viel flüchtige organische Stoffe enthält und deßhalb sehr leicht fault.

Die Menge der Hautausdünstung und besonders die Schweißbildung hängt zunächst von der Individualität ab. Die Einen schwitzen bei dem geringsten Anlasse, die Andern nur sehr schwer. Nächst der Individualität aber äußern die Menge der genossenen Getränke, so wie die Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre den entschiedensten Einfluß auf die Menge des durch die Hautausdünstung entleerten Wassers, die wieder sich mit derjenigen des Urines balancirt. Je größer die Hitze, je trockener die Luft, desto mehr verlieren wir durch Ausdünstung und Schweiß; desto gefärbter und wasserarmer wird aber auch unser Urin, während im Gegentheile in den kälteren Wintermonaten letzterer um so wässeriger wird, je mehr die Hautausdünstung auf ein Minimum zurücksinkt. Es wird aus diesen Thatsachen erklärlich, warum in heißen und warmen Klimaten das Verhältniß der unmittelbar wägbaren Ausleerungen, Koth und Harn, zu den gasförmigen, Haut- und Lungenausdünstung oder Perspiration, ein anderes ist, als in gemäßigten, kalten und feuchten Zonen. In den letzteren, wo die Luft fast beständig mit Feuchtigkeit stark geschwängert ist, bei durchschnittlich kühler Temperatur, wird durch Lungen und Haut weit weniger Wasser in Dampfform abgeschieden, als in heißen trockenen Gegenden, und nachdem dies Wasser in Dampfform durch die Perspiration, oder in flüssiger Form durch die wägbaren Ausleerungen davon geht, neigt dieser Ausschlag mehr auf die eine oder die andere Seite.

Die Harnabsonderung ist eine der wichtigsten Funktionen des ganzen Körpers, denn durch sie werden hauptsächlich die Produkte der Zersetzung stickstoffhaltiger Verbindungen aus dem Körper geschafft. Im normalen Zustande schwankt das spezifische Gewicht des Harnes zwischen 1005 bis 1030, in krankhaften Zuständen können beide Grenzen noch bedeutend weiter hinausgeschoben werden. Normal ist seine Reaktion sauer; gesunder Harn enthält stets freie Säure, nach einiger Zeit aber entwickelt sich durch die Fäulniß Ammoniak in der Harnflüssigkeit und die saure Reaktion geht alsdann in eine alkalische über. Diese saure Reaktion verdankt der Urin, neueren Untersuchungen zu Folge, freier Essig- und

Phosphorsäure. Die Menge des Harnes, welche täglich gelassen wird, ist außerordentlichen Schwankungen ausgesetzt, da sie einestheils mit der Menge des genossenen Getränkes, anderntheils aber mit der durch die Perspiration ausgedünsteten Wassermenge im genauesten Zusammenhange steht; nach genauen Beobachtungen bei durchaus gleichförmiger Lebensweise betrug das Mittel des während 24 Stunden entleerten Urines im November 56 Loth, im December 57½ L., im Januar 57 L., Februar 54⅕ L., März 46½ L., April 40⅗ L., Mai 40⅓ L., und es ist zu bedauern, daß diese Messungen nicht während eines ganzen Jahres fortgesetzt wurden, um die regelmäßige Stufenleiter, welche die verhältnißmäßigen Mengen je nach den Jahreszeiten bilden, genau bestimmen zu können.

Als die beiden wesentlichsten Bestandtheile des Urins, welche im normalen Zustande nie fehlen, stellen sich zwei organische, sehr stickstoffreiche Verbindungen dar, der Harnstoff und die Harnsäure; in 1000 Theilen Urin finden sich im Durchschnitte 30 Theile Harnstoff und 1 Theil Harnsäure. Hundert Theile Harnsäure enthalten 33,37 (ein Drittel des Gewichtes) Stickstoff, und hundert Theile Harnstoff beinahe die Hälfte, nämlich 46,78 Stickstoff. In keiner andern Sekretion des Körpers ist eine stickstoffhaltige Materie enthalten, wenigstens nicht in bedeutender Menge; es existirt überhaupt keine thierische Substanz, die verhältnißmäßig so viel Stickstoff enthielte, als die beiden Stickstoffverbindungen des Harnes. Außer diesen beiden Körpern, deren Verbindungen, Zersetzungen und sonstige charakteristische Eigenschaften man jetzt genauer als die der meisten übrigen organischen Verbindungen kennt, enthält der Harn noch eine eigenthümliche thierische Materie, die überall in Gestalt eines bräunlichen harzartigen Körpers den chemischen Operationen hinderlich in den Weg tritt und, wie es scheint, dem Urine seinen spezifischen Geruch ertheilt. Die Salze, welche er enthält, finden sich auch in den übrigen Körpertheilen wieder; es sind schwefelsaure, phosphorsaure und salzsaure Salze, deren Basen Kali, Natron und Kalk sind. Neuere Versuche haben außerdem nachgewiesen, daß

freie Hippursäure, welche früher nur aus dem Harn der pflanzenfressenden Thiere gekannt war, zuweilen in der normalen Urinflüssigkeit enthalten ist, und daß die Auflösung der sonst so schwer löslichen Harnsäure und der Hippursäure im Harne, der Gegenwart der phosphorsauren Salze zuzuschreiben ist.

Schon die einfachste Erfahrung mußte nachweisen, daß die Harnsekretion durch die leisesten Veränderungen in Speise und Trank mitleidet und daß in ihr die Abscheidung flüssiger Substanzen, welche dem Organismus nicht zuträglich sind, vor sich geht. Aus der Vergleichung mit den beiden anderen Hauptausscheidungsorganen, der Lunge und der Haut, konnte man auch schließen, daß die Nierensekretion hauptsächlich zur Entfernung des überflüssigen Wassers und der im Wasser auflöslichen Salze und anderer Stoffe dienen müsse, wenn anders diese Stoffe im Darmkanale aufgenommen werden.

Direkte Versuche haben diese Verhältnisse nachgewiesen. Metalle, welche mit thierischen Stoffen unlösliche Verbindungen eingehen wie Queckfilber, Blei, Eisen; flüchtige, leicht verdampfende Stoffe, wie ätherische Oele, Weingeist ꝛc. finden sich niemals im Urine wieder; letztere Stoffe werden durch die für gasförmige Abscheidungen bestimmten Organe, die Lungen und die Haut entfernt. Salze mit unorganischen Säuren und Basen, lösliche Farbestoffe, viele feste Riechstoffe, die nur durch ihre eigene langsame Zersetzung riechen, wie Moschus, Bibergeil ꝛc., endlich die organischen Basen, Chinin, Cinchonin ꝛc. werden unzersetzt durch den Harn ausgeschieden. Andere Stoffe hingegen kommen nur in wesentlich verändertem Zustande wieder zum Vorschein. So wird der in den Nahrungsmitteln enthaltene freie Schwefel und Phosphor in oxydirtem Zustande als schwefelsaures und phosphorsaures Salz abgeschieden; so treten die meisten Salze, welche von einer organischen Säure gebildet werden, die essigsauren, apfelsauren Salze ꝛc. in dem Urine als kohlensaure Salze auf. In vieler Beziehung sind diese Veränderungen äußerst merkwürdig, indem sie nachweisen, daß auch innerhalb der Blutbahn nothwendig chemische Umsetzungen vorgehen müssen,

und es somit wahrscheinlich machen, daß viele chemische Prozesse, welche wir in dem Körper beobachten, nicht allein in dem Parenchyme der Organe, während der Ernährung der Gebilde, sondern auch in dem kreisenden Blute selbst vor sich gehen. Man hat in der That nachgewiesen, daß milchsaure Alkalien, in die Venen eines Hundes eingespritzt, den Urin in kurzer Zeit alkalisch machen und darin als kohlensaures Salz nachweisbar sind.

Soviel ist ein für allemal nachgewiesen, daß den geträumten heimlichen Harnwegen, welche die alten Physiologen zum Uebergange der Flüssigkeiten aus dem Magen in die Nieren annahmen, keine Thatsache zum Grunde liegt. Man hatte den schnellen Uebergang verschiedener Stoffe in den Harn beobachtet, und da in der damaligen Zeit noch keine so deutlichen Begriffe über den Mechanismus des Blutlaufes und der Absonderung vorlagen, so hielt man es für unmöglich, daß in so kurzer Zeit die Stoffe im Magen und Darmkanal aufgesaugt, durch die Bluthahn hindurchgetrieben und in den Nieren abgesondert werden könnten. Man hielt deßhalb dafür, daß geheime Wege, Röhren und Gefäße direkt aus dem Magen in die Nieren führten, welche besonders Getränke aufnähmen und sie dort unmittelbar absetzten. Eine genauere Kenntniß des Blutlaufes, der Aufsaugung und Absonderung aber, so wie die anatomische Untersuchung haben gelehrt, daß dergleichen Wege nicht vorhanden seyen und daß alle Stoffe, welche vom Magen oder Darmkanal aufgesaugt werden, die Pfortaderzweige und die Lebercapillarien, das rechte Herz, die Lungen, das linke Herz und die Arterien bis zu den Nieren mit dem Blutstrome durchlaufen müssen, ehe sie in dem abgesonderten Harne erscheinen können.

Die Harnwerkzeuge sind nicht in der Art gebaut, daß man das Nierensekret unmittelbar bei seinem Erscheinen beobachten könnte. Der von den feinen Nierenröhrchen ausgeschiedene Urin sammelt sich in einem sackartigen Beutel, dem Nierenbecken, aus welchem eine ziemlich enge und lange Röhre in die Harnblase führt, innerhalb welcher der Urin sich sammelt

und nur von Zeit zu Zeit ausgeleert wird. Bestimmungen über das Erscheinen der Stoffe im Harn können deßhalb bei normaler Bildung der Harnwerkzeuge zu keinen Resultaten führen. Indeß hat man Fälle benutzt, wo bei mißgeborenen Kindern die Bauchdecken und die vordere Wand der Harnblase gespalten waren, so daß man die Oeffnungen der Harnleiter in die offene Blase unmittelbar beobachten konnte. Leicht lösliche Stoffe, welche ausgezeichnete Reaktionen darbieten, wie Blutlaugensalz, kann man schon wenige Minuten nach der Aufnahme durch den Mund im Harne auffinden; andere Substanzen erscheinen später, meist in 15—20 Minuten. Wie wir aber oben gesehen haben, macht das Blut in solchem Zeitraume der Umschwünge so viele, daß diese Schnelligkeit der Absonderung wohl begreiflich scheint.

Die Mechanik der Absonderungen überhaupt ist indeß bei weitem noch nicht so weit aufgeklärt, als es wünschbar wäre. Es erscheint zwar auf den ersten Blick sehr einfach, anzunehmen, daß die in den Drüsengängen enthaltenen Flüssigkeiten einfach aus den umspinnenden Capillargefäßen ausgeschwitzt sind, allein mit dieser Annahme sind noch nicht alle Erscheinungen hinreichend erklärt. Schon die Fortschaffung des Sekretes an sich erscheint aus den bis jetzt bekannten Thatsachen nicht ohne alles Räthselhafte. Erst in den Ausführungsgängen der größeren Drüsen, den Harnleitern, dem Gallengange ꝛc. können wir im Ring gelagerte unwillkürliche Muskelfasern nachweisen, und angestellte Versuche ergeben, daß dieselben wurmförmige Zusammenziehungen ausüben, wodurch das Sekret nach außen fortgeschafft wird. In den Drüsengängen selbst aber und namentlich in den für die Sekretion bei weitem wichtigern blinden Enden der Drüsengänge können keine solchen Zusammenziehungen und keine die Bewegung vermittelnde Kraft der Wände nachgewiesen werden. Man hat angenommen, daß die Fortschaffung des Sekretes dadurch geschehe, daß stets neue Flüssigkeit in den gefüllten Drüsengang abgesondert und so die vorhandene, nach vorn gegen die Oeffnung desselben hingeschoben und in dem Maße als noch ferner die Absceidung fortdauere, auch entleert werde. Es ist möglich,

daß diese Fortschiebung durch stete Fortdauer des Absonderungsprozesses existire; allein es scheint mir, als habe man zu viel Gewicht darauf gelegt und ein anderes, meines Erachtens wichtigeres Moment außer Augen gelassen, nämlich die Capillarität der absondernden Drüsengänge. Alle absondernden Drüsengänge sind in der That so enge, daß sie wirkliche Haarröhren darstellen. Man weiß, wie bedeutend die Anziehungskraft zu Flüssigkeiten in diesen Capillarröhrchen ist, und daß dieselbe genügt um eine Flüssigkeit durch einen Capillarheber selbst über ihr Niveau herauszupumpen und auszuleeren. Meines Erachtens sind die Drüsengänge gleichsam als solche Capillarheber zu betrachten, deren eines Ende in die Blutflüssigkeit taucht, während das andere sich frei nach außen öffnet, und die Bewegung der Flüssigkeiten darin muß somit nach den für alle Capillarröhren geltenden Gesetzen vor sich gehen.

Es fragt sich nun noch, welcher Natur eigentlich der chemische Prozeß sey, der das Produkt der Absonderung liefert. Es stehen hier zwei Meinungen gegenüber, welche beide gewichtige Gründe für sich aufzuweisen haben. Nach Einigen sind die Drüsen einfache Filtrirmaschinen, bestimmt, die Absonderungsprodukte, welche schon im Blute vorgebildet sind, an sich zu ziehen und nach außen fortzuschaffen; nach Andern sind sie wirklich selbstthätig in Bereitung des Produktes, sie erhalten die Stoffe, deren sie benöthigt sind, vom Blute und durch eine zersetzende oder bildende Kraft bereiten sie daraus die chemischen Verbindungen, welche wir in den Sekretionen finden. Betrachtet man die Frage als nur für die Funktion der Drüse selbst gestellt, so käme es dabei nur auf das Mehr oder Minder an. Denn auch die Anhänger der Filtrirtheorie müssen eine spezifische Anziehungskraft der Drüse annehmen, wodurch in der einen Harnstoff, in einer zweiten Speichelstoff, in einer dritten Gallenstoff aus dem Blute angezogen werden und eine solche spezifische Anziehungskraft braucht nur einigermaßen stärker zu werden, um wirklich chemisch zersetzend und umbildend aufzutreten. Wir haben in der unorganischen Chemie schon eine große Menge von

Beispielen solcher Verwandtschaften zu Verbindungen, deren Elemente zwar vorhanden, welche aber erst durch eine gewisse Umbildung erzeugt werden sollen, und in der organischen Chemie treten diese Verwandtschaften eben so häufig auf. Holz z. B. besteht aus Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff und zwar diese letzteren in dem Verhältnisse, daß sie mit einander Wasser bilden. Die concentrirte Schwefelsäure hat eine ungemeine Verwandtschaft zum Wasser. Sobald Holz und Schwefelsäure zusammenkommen, so wird ersteres zersetzt, sein Wasserstoff und Sauerstoff treten zusammen um Wasser zu bilden und die Kohle bleibt zurück; das Holz verkohlt sich. Chlorcalcium verbindet sich ebenfalls sehr begierig mit Wasser; allein mit Holz zusammengebracht, übt es keine zersetzende Wirkung auf das letztere aus; seine Verwandtschaft zum Wasser ist nicht so stark, um eine Bildung dieses Stoffes auf Kosten des Holzes zu veranlassen, während er das schon gebildete Wasser gierig anziehen würde. Man sieht, es ist nur die Quantität, das Maß der anziehenden Kräfte, welches hier den Ausschlag gibt, und ganz so verhalten sich auch die verschiedenen Eigenschaften, welche nach den oben angeführten Ansichten den Drüsen zugeschrieben werden. Eine spezifische Anziehungskraft für gewisse Stoffe muß den Drüsengeweben zugeschrieben werden; in höherem Maße gedacht, wird sie selbstthätig bildend, in niederem Grade wirkt sie nur filtrirend und abscheidend. Existirte diese spezifische Anziehung nicht, so müßten die Sekrete aller Drüsen gleiche Zusammensetzung haben, sie müßten einfach aus durchgeschwitztem Blutwasser bestehen. Die eigenthümliche Natur einer jeden Absonderung kann nur von verschiedenen, den einzelnen Drüsengeweben angehörenden, anziehenden Kräften bedingt werden und es steht wahrscheinlich der Umstand damit in Verbindung, daß auch eine jede Drüse einen ihr eigenthümlich zukommenden Bau hat. Man hat freilich oft gesagt, die anatomische Conformation der Drüse habe keinen Einfluß auf die Natur des Absonderungsproduktes; man hat sich hier namentlich auf die so mannigfaltig wechselnden Formen der Drüsen und ihrer absondernden Kanäle in der Thierreihe berufen. Allein

wenn es auch wahr ist, daß die Leber eines Krebses mit ihren feinen unabhängigen Röhren der körnigen, compakten Leber eines Säugethieres nicht ähnlich ist, so muß auch anderseits bedacht werden, daß eben Krebsgalle und Ochsengalle einander auch nicht sehr ähnlich sehen und daß sicher die Zusammensetzung dieser beiden Flüssigkeiten eben so verschieden ist, als ihre Farbe. Wir finden als durchgreifendes Gesetz in der Physiologie, daß Form und Funktion einander wechselseitig bedingen, daß identisch gebaute Organe gleiche Funktionen, verschieden wirkende auch unähnlichen Bau haben; dies Gesetz gilt auch für die Drüsen. Daß diese Unterschiede des Baues oft in den kleinsten Einzelnheiten gesucht werden müssen, geht aus der Natur der Sache hervor.

Für die Meinung, welche man von dem Absonderungsprozesse in den Drüsen an sich hegt, könnte es demnach ziemlich gleichgültig seyn, ob wir die der Drüse einwohnende Kraft in größerer oder geringerer Potenz wirkend annehmen. Für den Ernährungsprozeß im Allgemeinen aber muß die scharfe Entscheidung dieser Frage von der höchsten Wichtigkeit seyn; denn wenn es wahr ist, daß die Absonderungsprodukte schon im Blute vorgebildet enthalten sind, so können sie auch nur durch den Umsatz der Organe erzeugt worden seyn und müssen demnach eine nothwendige Folge der Metamorphose der Gebilde seyn. Dafür sprechen denn auch viele der bis jetzt durch die analytische Chemie gelieferten Thatsachen. Man weiß, daß die Blutmasse normal eine gewisse Quantität der eigenthümlichen, in den Absonderungsprodukten vorkommenden Stoffe mit sich führt; wir finden den Harnstoff, den Gallenfarbstoff normal in der Blutflüssigkeit und von ersterem weiß man mit Sicherheit, daß seine Menge darin zunimmt, sobald man die Nieren ausschneidet. Man weiß, daß Galle und Harnstoff an andern Orten des Körpers abgelagert werden, sobald ihre betreffenden Drüsen durch krankhafte Verhältnisse ganz oder theilweise unbrauchbar werden; es kann demnach nicht geläugnet werden, daß die genannten spezifischen Absonderungsprodukte nicht in ihren betreffenden Drüsen bereitet, sondern ihnen wenigstens schon fertig gebildet vom Blute geboten werden.

Auf den ersten Anblick scheint dieser Schluß freilich unumstößlich; allein es fragt sich, ob er auch allgemein gültig sey, und die Meinung der Physiologen scheint jetzt so ziemlich sich dahin fixirt zu haben, daß er dies nicht sey und daß das Absonderungsprodukt theilweise schon im Blute fertig gebildet sey, theilweise erst in der Drüse bereitet werde. Man stützt sich bei Verfechtung dieser Ansicht namentlich auf den Umstand, daß nach Entfernung der Nieren z. B. die Menge des Harnstoffes im Blute bei weitem geringer sey, als sie seyn müßte, wenn aller Harnstoff im Blute angehäuft sich fände, welcher in derselben Zeit im normalen Zustande wäre ausgeleert worden. Man fand 10 Tage nach der Exstirpation der Nieren bei einem Hunde in 3 Pfund Blut nur 4,88 Gran Harnstoff. Gesetzt, der Hund habe 12 Pfund Blut gehabt, was gewiß ein viel zu hoher Anschlag ist, so würden immerhin in der ganzen Blutmasse nur 19,52 Gran Harnstoff enthalten gewesen seyn. Daß dies offenbar für eine zehntägige Harnsekretion viel zu wenig ist, daß der Hund in gesundem Zustande wenigstens die sechsfache Menge Harnstoff in derselben Zeit ausgeschieden haben würde, ist leicht einzusehen. Allein aus dieser Thatsache den Schluß ziehen zu wollen, daß die Nieren die fehlende Menge Harnstoff während des normalen Zustandes würden gebildet haben, dies halte ich für fehlerhaft. Denn die Exstirpation der Nieren ist ein unfehlbar tödtlicher Eingriff und die Operation an sich schon eine gefährliche Verwundung. Das so behandelte Thier kommt entsetzlich herunter, und wenn man es gar noch nach der Operation der Nahrung beraubt, so ist die ganze Lebensthätigkeit auf ein Minimum beschränkt. Daß die Ernährung und Metamorphose der Gebilde nicht wie im normalen Zustande fortgehen, beweist auch schon der unausbleiblich erfolgende Tod. Die Ursache der geringern Bildung von Harnstoff braucht demnach nicht in den fehlenden Nieren gesucht zu werden, sie kann eben so gut in dem fehlerhaft stattfindenden Stoffwechsel liegen. Ich weiß wohl, man hat mit solchen Erklärungen der mangelnden Metamorphose und des fehlerhaften Stoffwechsels viel Unfug getrieben und man

war damit gar manchmal schnell bei der Hand, um sich einer unbequemen Thatsache zu entledigen. Allein daß der Tod nach Exstirpation der Nieren eine Folge der krankhaften Ernährungserscheinungen ist, dies gerade ist eine Thatsache, und daß die Harnstoffbildung mangelhaft werden muß, wenn ihre Ursache, die Ernährung und der dadurch bedingte Umsatz der Gebilde mangelhaft ist, dies kann nicht in Zweifel gezogen werden.

Es scheint mir, als dürften hier noch andere analoge Verhältnisse mit zu Rathe gezogen werden. Die Lungen sind offenbar ebenfalls Drüsen, deren Sekret sich nur dadurch von denen der übrigen Absonderungsorgane unterscheidet, daß es gasförmig ist. Wir haben oben gesehen, daß dieses gasförmige Produkt, die Kohlensäure, schon in dem Blute vorgebildet enthalten ist, daß sie nicht, wie man früher glaubte, in den Lungen entsteht, sondern einfach darin abfiltrirt wird. Die Kohlensäure findet sich in dem venösen Blute; sie ist darin als Zersetzungsprodukt der thierischen Gebilde; sie stammt von der Metamorphose des Muskelfleisches, des Fettes, der übrigen Substanzen des thierischen Körpers. Wenn man ein Thier in reinem Stickgase athmen und darin zu Grunde gehen läßt, so haucht es gegen das Ende seines Lebens weniger Kohlensäure aus als im Anfange und das Maß der im Stickgas ausgehauchten Kohlensäure ist gewiß weit geringer, als das während eines gleichen Zeitraums in atmosphärischer Luft ausgehauchte. Es wird wohl Niemanden einfallen wollen, zu sagen, die fehlende Menge Kohlensäure werde in normalen Verhältnissen durch die Lungen gebildet; Jedermann wird den Grund dieses Mangels in dem fehlerhaften Umsatze der Theile finden. Sollen für die Nieren, wo dieselben faktischen Anhaltspunkte gegeben sind, andere Schlußfolgen bedingt seyn? —

Fassen wir indeß die als Thatsache feststehende Entstehung der Kohlensäure aus dem Umsatze der Gebilde näher ins Auge, so kommen wir sogar zu dem Schlusse, daß durch ihre Bildung nothwendig auch die des Harnstoffes oder eines ähnlichen, sehr stickstoffreichen Körpers gegeben seyn müsse. Die meisten Bestandtheile unseres Körpers, wie Muskelfleisch, Sehnensubstanz u. s. w.

enthalten alle eine ziemlich bedeutende Menge Stickstoff und nur die Fettarten, die aber auch zu den in wandelbarer Menge angehäuften Substanzen des Körpers gehören, entbehren des Stickstoffes. Wird nun durch die Zersetzung dieser stickstoffhaltigen Substanzen ein Theil ihres Kohlenstoffes in Kohlensäure verwandelt, so muß nothwendig ein Körper überbleiben, der an Stickstoff weit reicher ist als das zersetzte Muskelfleisch, und ein solcher Körper ist uns in dem Harnstoffe gegeben. Hundert Gewichttheile Muskelfleisch enthalten nur 15,72 Theile Stickstoff, während in hundert Theilen Harnstoff 46,78 Gewichttheile Stickstoff enthalten sind. Wenn aber durch die Bildung der Kohlensäure aus Muskelfleisch somit die Entstehung eines stickstoffreichen Körpers nothwendig bedingt ist, wenn die Gegenwart eines solchen, des Harnstoffes, im Blute und im Sekrete der Nieren erwiesen ist, so scheint mir, als könne man über seinen Ursprung nicht länger zweifelhaft seyn. Daß die im Blute enthaltene Menge so äußerst gering ist, daß sie bei den gewöhnlichen Analysen ganz der Beobachtung sich entzieht, dies darf nicht befremden, denn es läßt sich durch eine leichte Rechnung nachweisen, daß das Blut nur 0,2 Prozent seines Gewichtes Harnstoff zu enthalten braucht, um allen Harnstoff bei sich aufgelöst zu haben, der in 24 Stunden abgesondert wird. Da aber der Umsatz der Gebilde stetig fortgeht und das Blut in beständigem Kreislaufe begriffen ist, mithin sich stets seines Harnstoffes in den Nieren entladen und neuen aus den Gebilden aufnehmen kann; da das Blut ferner in 24 Stunden wenigstens 720 mal im Körper umläuft, so ist leicht zu berechnen, daß es bei jedem Umlaufe nur 0,00025 Prozente Harnstoff aufzunehmen, und eben so viel in den Nieren abzusetzen braucht, um die täglich secernirte Harnstoffmenge zu liefern. Ein sich stets erneuernder Gehalt von 0,00025 Prozent Harnstoff im Blute würde demnach zum normalen Harnstoffverbrauch hinreichen. Solche kleine Mengen aber verschwinden nothwendig bei der Analyse und höchstens Stoffe mit so ausgezeichneten Reaktionen, wie der Harnstoff, lassen sich noch in so geringen Quantitäten erkennen.

Es fehlt indeß nicht ganz an direkten Versuchen, welche für die Thätigkeit der Drüsen als Filtrirmaschinen zu sprechen scheinen. Der Magen hat bekanntlich ein ganz eigenthümliches Sekret, den Magensaft, der von den unendlich vielen Drüschen geliefert wird, die in der Dicke seiner Schleimhaut eingebettet liegen. Sobald Nahrungsmittel in den Magen kommen, so röthet sich die Schleimhaut von größerem Blutandrange; während sie vorher bleich und schlaff war, turgescirt sie jetzt und überall bricht aus den Drüsenöffnungen der saure Magensaft in Tröpfchen hervor und lagert sich wie ein Thau auf der inneren Fläche ab. Dieselben Erscheinungen lassen sich beobachten, wenn man unmittelbar nach dem Tode des Thieres, welches zu dem Versuche dient, warmes Blut in die Magengefäße spritzt. Die Sekretion hat dabei ihren Fortgang, wie wenn das Thier noch lebte und es ist leicht, nachzuweisen, daß der sich bildende Magensaft nicht in den Drüsen vorhanden war, sondern erst aus dem eingespritzten Blute abgeschieden wird. Wenn man nämlich ein leicht zu erkennendes Salz dem Blute, welches man injicirt, beimischt, so findet sich dieses sogleich in dem abgeschiedenen Magensafte wieder. Ich weiß wohl, daß man diesen Versuchen den Vorwurf machen könnte, sie wären nicht entscheidend, indem das eingespritzte Blut eben so gut nur als Reiz dienen könne, welcher die bildende Thätigkeit der Magendrüsen noch nach dem Tode anspornе; allein wie man auch die Sache ansehen möge, so helfen doch die zuletzt angeführten Thatsachen mit zur Construirung eines Beweises, den sie allein nicht liefern können.

Meines Erachtens steht demnach der Satz fest, daß die Sekrete der Drüsen im Blute vorgebildet sind und daß die Drüsen selbst nur Filtrirapparate sind, mit eigenthümlicher Anziehungskraft für ihre spezifischen Absonderungsstoffe begabt. Wenigstens steht der Satz für diejenigen Drüsen fest, welche aus dem arteriellen Blute gespeist werden, d. h. aus Blut, welches, aus den Körperorganen kommend, sich seiner Kohlensäure schon in den Lungen entladen hat, denn all dies aus dem Körper zurückströmende, mit den Zersetzungsprodukten geschwängerte Blut

hat auf seiner Bahn durch die Venen, das rechte Herz, die Lungen und das Arterienherz nirgends Organe angetroffen, in welchen es andere feste oder flüssige Stoffe hätte aufnehmen können, als die durch Zersetzung der Körpersubstanz selbst dargebotenen. Anders verhält es sich wahrscheinlich mit einer, auch wie schon erwähnt in anatomischer Hinsicht exceptionellen Drüse, der Leber. Sicherlich beruht die bekannte Anordnung, daß alles vom Darmkanale zurückkehrende Blut sich in der Pfortader sammelt und ehe es in das venöse Herz eintritt, erst in den Capillargefäßen der Leber kreist, auf einem tiefen Grunde. Die Venen des Darms nehmen eine große Menge von Stoffen aus den verdauten Nahrungsmitteln auf und bringen diese in den Blutkreislauf; daß diese Stoffe erst durch die Leber passiren müssen, zeigt darauf hin, daß sie ebenfalls in Beziehung zu der Gallensekretion stehen, daß sie zu der Gallenbereitung mit thätig sind. Ob diese theilweise Bereitung der Gallenstoffe aus den durch die Verdauung aufgenommenen Stoffen in der Darmschleimhaut oder im Inneren der Drüse vor sich gehe, darüber kann noch kein Aufschluß gegeben werden, da eine genaue Analyse des Pfortaderblutes bis jetzt noch fehlt; doch scheint mit mehr Wahrscheinlichkeit aus der so sonderbaren Anordnung der Capillargefäße und der Gallenkanäle der Leber und ihrer wechselseitigen innigen Durchstrickung geschlossen werden zu können, daß das Sekret theilweise in der Leber selbst gebildet wird. Daß nicht alle Galle von den fremden Stoffen, sondern einige auch vom Umsatze der Gebilde herrührt, beweist der Umstand, daß auch der Fötus, der doch keine fremden Stoffe aufnimmt, Galle in geringer Menge absondert. Jedenfalls ist das Verhältniß der Leber noch der dunkelste Punkt in der Physiologie der Drüsen; die Rolle, welche die Galle in der Verdauung spielt, ist noch gänzlich unbekannt, ihre Zusammensetzung bei weitem noch nicht aufgeklärt, und wenn es wahr ist, daß nur der kleinste Theil der abgesonderten Galle mit den Excrementen entfernt wird, die größere Menge aber in dem Darme wieder aufgesogen wird, so würde dies auf noch fernere exceptionelle Verhältnisse führen.

Denn diese Aufsaugung im Darme kann nur durch die Venen geschehen und alle Darmvenen sammeln sich in der Pfortader, um sich in der Leber zu verzweigen. Es wäre somit ein wahrer Gallenkreislauf gegeben, in dem die in der Drüse abgesonderte Galle in den Darm ergossen, dort aufgesogen und durch die Pfortader in die Leber zurückgebracht würde, um in dieser von neuem abgeschieden zu werden.

Der eigenthümliche und in vieler Beziehung ganz von den übrigen Drüsen abweichende Bau der Leber hat zu einer Ansicht über den Sekretionsprozeß Veranlassung gegeben, die ich hier um so mehr zum Schlusse berühren muß, als sie täglich an Anhängern zu gewinnen scheint. Man findet nämlich in der Leibersubstanz außer den Blutgefäßen nur eine Menge platter Zellen von meist eckiger Gestalt, die einen Kern und eine Flüssigkeit enthalten, in welcher kleine gelbe Körper schwimmen. Dieselben gelblichen Körper, wahrscheinlich Kügelchen von Gallenfarbstoff, finden sich auch frei in der Galle wieder. In allen übrigen Drüsen findet man in den absondernden Drüsengängen ein inneres Epithelium, gebildet aus mehreren über einander liegenden Schichten von Zellen, welche zuweilen, wie die Zellen der Oberhaut, abgestoßen werden und sich in dem Sekrete finden. Man hat nun, auf diese Thatsachen gestützt, die Ansicht geäußert, die in den Drüsen eigentlich thätigen Elemente seyen eben diese Zellen, sie bereiteten das Sekret aus der Blutflüssigkeit und entleerten es hernach in den Drüsengang, indem sie platzten und so ihren Inhalt ergößen. Dieser Vorgang kann durchaus in der Natur begründet seyn; allein man geht nun in der Verfolgung des gewonnenen Satzes zu weit, indem man darauf die Behauptung stützt, die Drüsenzellen müßten in ihrem Innern erst die eigenthümlichen Auswurfsstoffe bilden, welche die einzelnen Absonderungen charakterisiren. Wir haben eben nachgewiesen, daß auch die Ansicht, welche die Drüsen nur als einfache Filtrirapparate ansieht, deren Zweck die Abscheidung der im Blute schon enthaltenen Auswurfsstoffe ist, daß auch diese Ansicht nothwendig der Drüsensubstanz eine spezifische Anziehungskraft für

dieſen oder jenen Stoff vindiciren müſſe. Iſt es wunderbar, daß dieſelbe an beſtimmte Organe gebunden iſt? Kann es auffallen, daß die eigenthümlich gebauten Zellen der Nieren nur ſtickſtoffreiche Subſtanzen, die der Leber nur kohlenſtoffreiche anziehen? Der Chemismus der Sekretion bleibt derſelbe, mag er nun an die Wandungen der Drüſengänge oder an die ſpezifiſchen Zellen der Drüſen ſelbſt gebunden ſeyn, der Prozeß an ſich leidet dadurch keine Veränderung. Die Verſchiedenheit des Baues dieſer eigenthümlichen Zellen in den verſchiedenen Drüſen beweist aber aufs Neue die Wahrheit unſeres oben aufgeſtellten Satzes, daß verſchiedener anatomiſcher Bau und verſchiedene Funktion einander wechſelſeitig bedingen.

Siebenter Brief.

Die Auffaugung.

Alle Gewebe unseres Körpers, so fest oder trocken sie auch erscheinen mögen, sind dennoch beständig von Flüssigkeit durchtränkt. Die Wandungen der Gefäße, innerhalb welcher das Blut und die Lymphe unseres Körpers sich bewegen, sind durchdringlich für wässrige Stoffe und daß diese Durchdringung beständig Statt finde, dies lehrt die tägliche Erfahrung. In diesem so äußerst einfachen Verhältnisse aber ist der ganze Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Auffaugung begründet; denn alle Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Substanzen und Geweben des Körpers geschehen nicht unmittelbar, sondern werden durch feuchte Membranen vermittelt. Die Blutbahn ist überall in sich abgeschlossen; nirgends existirt eine offene Mündung eines Gefäßes; die Lymph- uud Chylusgefäße sind ebenfalls von allen Seiten geschlossene Röhren; der Verdauungskanal ist nur nach außen, nirgends in die Gewebe des Körpers geöffnet; die absondernden Kanäle befinden sich in demselben Falle, sie stehen nur mit der äußeren Oberfläche, nicht aber mit den Blutgefäßen, aus welchen sie ihr Sekret ziehen, in unmittelbarem Zusammenhange. Der Uebergang von Stoffen aus dem Darmkanale in das Blut oder die Lymphe und aus der Blutbahn in die absondernden Organe, mit einem Worte, der ganze vegetative Lebensprozeß wäre demnach eine reine Unmöglichkeit, wenn nicht alle diese Röhren, Kanäle und Flächen in solcher Art gewebt wären, daß Flüssigkeiten durch sie hindurchdringen und der Stoffwechsel auf diese Weise vor sich gehen könnte.

Die thierischen Häute sind alle, mit wenigen Ausnahmen, aus Fasern gewebt, zwischen welchen Blutgefäße, Nervenfäden und Lymphgefäße in mancherlei Maschennetzen sich durchschlingen. Die Zwischenräume, welche das Gewebe bildet, bieten den hauptsächlichsten Hebel der Austauschungen dar, welche in dem Innern des Parenchymes vor sich gehen. Sobald nämlich eine thierische Haut auf beiden Seiten mit Flüssigkeiten in Berührung kommt, die unter sich irgend eine Verschiedenheit bieten, mag diese Verschiedenheit nun qualitativ oder quantitativ seyn, so geschieht ein Austausch der Bestandtheile zwischen beiden Flüssigkeiten, der durch das Gewebe der Haut selbst vermittelt wird und so lange anhält, bis das Gleichgewicht auf beiden Seiten hergestellt ist. Man hat diese Erscheinung Endosmose genannt; leider ist sie noch nicht von allen Seiten so beleuchtet, wie sie es verdiente, und es thäte bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft wahrlich Noth, daß einmal ein geschickter Anatom und ein gewiegter Physiker sich vereinigten, um dieses organische Grundphänomen, ohne welches das vegetative Leben undenkbar ist, umfassend nach allen Richtungen hin zu untersuchen. Die Erscheinung beruht freilich nicht auf einer speziellen Eigenschaft der organischen Gewebe; sie ist auch in unorganischen porösen Substanzen sichtbar und demnach einzig eine nothwendige Folge der Porosität selbst; sie ist aber nichts desto weniger außerordentlich wichtig für den Fortbestand des organischen Lebens. Es ist indeß überhaupt, wenn ich mich nicht täusche, in der Eigenthümlichkeit des organischen Lebens begründet, daß es nicht durchaus neue Grundkräfte in sich entwickelt, sondern nur die in der unorganischen Natur auch vorhandenen auf spezielle Weise benutzt und verwendet.

Die Erscheinung der Endosmose an sich ist ungemein leicht zu beobachten. Man braucht zu diesem Ende nur ein Stück von dem Darme eines Thieres an beiden Enden zuzubinden, nachdem man es schlaff mit Weingeist gefüllt hat und es dann in ein Gefäß mit Wasser legen. Bald schwillt das Darmstück an, es füllt sich vollständig und wenn man, ehe es durch

übermäßige Anfüllung platzt, die darin angehäufte Flüssigkeit untersucht, so findet man, daß sie aus wässrigem Weingeiste besteht. Das Wasser ist mithin von außen her durch die Darmhäute in die innere Höhle gedrungen und hat sich mit dem darin befindlichen Weingeiste gemischt; allein das Wasser in der Schüssel bietet einen schwachen alkoholischen Geschmack dar und es ergibt sich, daß auch einiger Weingeist nach außen gedrungen und sich mit dem Wasser gemischt hat. Es ist mithin durch die Darmhaut ein wirklicher Austausch zwischen den beiden Flüssigkeiten vermittelt worden, wodurch eine jede derselben Bestandtheile von der andern erhalten hat; nur mit dem Unterschiede, daß die eine mehr, die andere weniger empfieng und ein einseitiges Uebergewicht Statt hat. Man hat deßhalb nicht mit Unrecht die Endosmose eine Einsaugung mit doppelter Strömung genannt, wobei meist der eine Strom mächtiger ist als der andere.

Die hauptsächlichste Bedingung, welche zur Existenz einer solchen doppelten Strömung nöthig ist, betrifft die chemischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, welche man mit der Membran in Berührung bringt. Es ist leicht einzusehen, daß Stoffe, welche das Gewebe der Membran zerstören oder ihre Porosität durch Verbindung mit ihren Elementen aufheben, daß solche Stoffe auch unfähig sind, endosmotische Erscheinungen hervorzubringen. So kann z. B. eine Mineralsäure, wie etwa Schwefelsäure, in verdünnten Auflösungen endosmotisch durchgeführt werden, während sie in concentrirtem Zustande die Membran zerstört und keiner Endosmose fähig ist. Eine Vergiftung mit Nordhäuser Schwefelsäure, die bei dem Gebrauche der letzteren zu verschiedenen Gegenständen der häuslichen Oekonomie leider nicht selten vorkommt, tödtet nicht dadurch, daß, wie bei Opium oder einem andern Gifte dieser Art, der verderbliche Stoff in das Blut aufgenommen wird und von hieraus wirkt; sondern sie tödtet durch Zerstörung der Schleimhäute des Mundes und Magens und durch die brandige Entzündung, welche die nothwendige Folge einer solchen Zerstörung ist.

Ein zweiter wichtiger Grundsatz ist der, daß die Flüssigkeiten, welche endosmotisch durch eine Membran gehen sollen, mit der Flüssigkeit, welche diese Membran selbst tränkt, mischbar seyn müssen. Eine mit Wasser getränkte thierische Haut kann noch so lange mit Oel in Berührung stehen, es wird kein Tropfen der fettigen Flüssigkeit durch sie hindurchdringen, eben weil Oel und Wasser nicht mit einander mischbar sind; ebenso werden mit Oel und Fett getränkte Membranen wässrigen Flüssigkeiten keinen Durchgang gestatten. Es ist dieser Grundsatz, dessen Richtigkeit man durch mannigfache Versuche erhärtet hat, von der größten Bedeutung für die im Körper vorkommenden Erscheinungen der Stoffaufnahme. Alle Membranen des Körpers sind stets feucht und mit wässrigen Flüssigkeiten durchtränkt; flüssige Fette können deßhalb endosmotisch nicht durch dieselben hindurchdringen, es sey denn, daß sie in einen Zustand übergeführt wären, in welchem sie mit Wasser mischbar sind. Da aber nur die Verseifung der Fette ein Mittel bietet, sie in Wasser löslich zu machen, so müssen sie durch die Verdauung, während welcher sie unzweifelhaft von Lymph- und Blutgefäßen aufgenommen werden, in einen solchen verseiften Zustand übergeführt worden seyn. Auf der andern Seite gibt dies Gesetz Aufschluß über die Wirkung der so häufig angewandten Salben auf der äußeren Haut. Nur dann kann man hoffen, Arzneistoffe auf diese Weise endosmotisch durchzuführen, wenn man durch lange fortgesetztes Einreiben die Haut wirklich einölt, sie durch und durch mit Fett tränkt; bloßes Bestreichen einer Hautstelle mit fetten Salben ist eine durchaus unnütze Verschwendung.

Zur Herstellung einer endosmotischen Strömung genügt, wenn die beiden genannten Bedingungen erfüllt sind, eine jede Verschiedenheit zwischen den beiden Flüssigkeiten, mag dieselbe nun durch ihre Zusammensetzung oder ihre Dichtigkeit gegeben seyn. Auflösungen von chemisch verschiedenen Stoffen tauschen sich ebenso gut unter einander aus, als Auflösungen desselben Stoffes, welche einen verschiedenen Concentrationsgrad besitzen. Eine schwache Auflösung von Eiweiß auf der einen, eine starke

Lösung auf der andern Seite werden sich so lange mit einander austauschen, bis beide zu derselben Dichtigkeit gelangt sind, und zwar wird der Hauptstrom von der wässrigen Flüssigkeit gegen die concentrirte Statt haben. Es gibt diese Erscheinung den Schlüssel zu der schnellen Aufnahme wässriger Flüssigkeiten innerhalb des Darmkanales. Getränke verschwinden fast augenblicklich und nach einigen Augenblicken erscheinen sie, ausgeschieden aus dem Blutstrome, im Harne. Man kann nun aber füglich das Blut als eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff betrachten, als eine Flüssigkeit von einer Concentration, die weit bedeutender ist als die der meisten unserer Getränke. Sobald diese letzteren in dem Magen angelangt sind, so entsteht ein lebhafter endosmotischer Strom in die Blutgefäße und die Flüssigkeit wird so lange in den Kreislauf hinübergerissen, bis sie auf gleichem Dichtigkeitsgrade mit dem Blute steht. Die große Schnelligkeit, womit dieser ganze Vorgang sich vollendet, ist leicht erklärlich aus der ungemeinen Dünne und Zartheit der Membranen, durch welche der Austausch vor sich geht. Die Capillarien und die Lymphgefäße, welche ihre Netze in den Falten der Magenschleimhaut, in den Zotten des Darmes bilden, sind aus äußerst zarten Häuten gewebt, und die darüber gezogene Decke von Zellen, welche die äußerste Lage der Zotten bildet, ist ebenfalls nur dünn und sehr porös. Je feiner aber eine die Endosmose vermittelnde Haut ist, desto schneller geht der Austausch zwischen zweien, dieselbe berührenden Flüssigkeiten vor sich.

Versuche der neuesten Zeit haben nachgewiesen, daß auch der Bau der Häute einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit des Austausches in gewisser Richtung habe. Der Hauptstrom geht, wie schon oben bemerkt wurde, bei Auflösungen derselben Substanz von verschiedenem Dichtigkeitsgrade von der schwächeren Lösung nach der concentrirteren hin. Man hat nun bemerkt, daß in jeder Membran eine gewisse Richtung vorherrscht, nach welcher hin die Endosmose schneller und leichter vor sich geht. So hat man beobachtet, daß bei Anwendung der äußeren

Haut der Austausch weit schneller und mit weit größerer Intensität vor sich geht, wenn die concentrirte Lösung auf der äußeren, die schwächere auf der inneren Seite sich findet, der Strom mithin von Innen nach Außen geht, als wenn der umgekehrte Fall eintritt; bei gewissen Schleimhäuten hat man bemerkt, daß der Strom leichter von Außen nach Innen geht. Es versprechen diese Versuche wenn sie weiter fortgesetzt werden, und ihr Prinzip sich bestätigt, wichtige Aufschlüsse über die Natur gewisser Häute und wenn nachgewiesen werden könnte, daß in allen absondernden Membranen der Strom leichter von Innen nach Außen, in allen auffaugenden dagegen in umgekehrter Richtung vor sich geht, so würde dies ein unerwartetes Licht auf die Erscheinungen der Absonderung und der Auffaugung werfen.

Betrachten wir den Darmkanal im Großen, so erscheint er als ein enges, in die Länge gezogenes Rohr, auf dessen innerer Oberfläche ein außerordentlicher Reichthum von Capillargefäßnetzen, so wie von Lymphgefäßen sich entwickelt hat. Das zu dem Darmkanale strömende Blut wird durch mehre Zweige der großen Körperschlagader, der Aorta geliefert; das von dem Darme zurückströmende Blut tritt in der Pfortader zu einem Stamme zusammen, um sich dann wieder in dem Haargefäßnetz der Leber zu verzweigen. Die Lymphgefäße, deren Endigungen bei weitem noch nicht so genau dargestellt sind, als wünschbar wäre, die aber unter allen Umständen jedenfalls auch überall geschlossene Röhren darstellen, treten in einzelne Stämme zusammen, welche in den Lymphdrüsen des Gekröses sich knäuelartig verwickeln dann aber ihren Weg nach dem Milchbrustgange fortsetzen, der sich in die linke Schlüsselbeinvene ergießt.[1] Alle diese Gefäße

[1] Die Lymphdrüsen, welche an verschiedenen Stellen des Körpers vorkommen, sind keine absondernden Organe; sie haben keine Ausführungsgänge, wie die ächten Drüsen, wodurch ein Sekret abgeführt würde. Es wäre zu wünschen daß man jetzt, wo man den unendlichen Unterschied in dem Baue der wirklichen absondernden Drüsen und der sogenannten Gefäßdrüsen kennt, den Namen „Drüsen" für die letzteren ganz verbannen und einen anderen in Gebrauch bringen könnte, welcher nicht zu täglicher Verwirrung Anlaß gäbe.

enthalten beständig Flüssigkeit; — die einen Blut, die andern Milchsaft; ihre Wände sind aus feinen Häuten gewebt und demnach beständig von Flüssigkeit durchdrungen; die Schleimhaut des Darmkanals ist ebenfalls jederzeit mit Flüssigkeit getränkt; es muß also nothwendig ein steter Austausch von Stoffen zwischen den Blut- und Lymphgefäßen einerseits und dem Darmkanale anderseits Statt haben. Auf diese Weise kann man schon von vorne herein, nur aus der Kenntniß der anatomischen Anordnung des Ganzen, den Schluß ziehen, daß den im Darmkanal von Außen her aufgenommenen Stoffen zwei Wege gegeben sind, um in die Blutbahn und zwar in das venöse Blut zu gelangen; ein direkter durch die Lymphgefäße, wo die Substanzen kein absonderndes Organ mehr durchlaufen und unmittelbar in die Vene ergossen werden und ein längerer durch die Capillargefäße, welche erst als Pfortader in dem absondernden Organe der Leber sich verzweigen, ehe sie in die Hohlvene einmünden. Man hat den letzteren lange Zeit hindurch alles und jedes Aufsaugungsvermögen abgesprochen und dasselbe lediglich den Lymphgefäßen vindicirt; — Andere haben, durch die große Schnelligkeit, womit Stoffe in das Blut übergehen, überrascht, den Capillargefäßen und den Venen einzig und allein die Funktion der Aufsaugung zugesprochen und die Lymphgefäße als eine Art Luxusartikel in der thierischen Oekonomie betrachten wollen; — die Wahrheit liegt auch hier, wie so oft, in der Mitte und es handelt sich nur darum, jedem dieser Gefäße die ihm zugehörige Rolle in der für die Existenz des Organismus so wichtigen Funktion der Aufsaugung nachzuweisen.

Die Lymphgefäße der höheren Thiere besitzen keinen solchen bewegenden Mechanismus wie das Blutgefäßsystem; es existirt kein Herz in der ganzen Ausbreitung der Lymphgefäße, wodurch der Inhalt nach einer gewissen Richtung hin getrieben werden könnte. Bei den niederen Thieren verhält sich dies anders; die Fische, die Amphibien, die Vögel besitzen contractile Lymphherzen, durch welche die Lymphe in die Venen übergetrieben werden kann. Bei den Säugethieren und dem Menschen fehlt

ein solcher Apparat gänzlich; es müssen also hier andere bewegende Ursachen der Lymphe und des Milchsaftes aufgesucht werden. An der Thatsache des Strömens dieser Flüssigkeiten innerhalb der Lymphgefäße nach dem Milchbrustgange und der linken Schlüsselbeinvene hin kann nicht gezweifelt werden, und es ist leicht, sie in einem Versuche zur Anschauung zu bringen. Schon die Richtung der im Innern der Lymphgefäße angebrachten Klappen deutet darauf hin. Man kann die Lymphgefäße nicht vom Stamme aus gegen die Aeste hin einspritzen, wie etwa die Arterien; die im Innern befindlichen Klappen stellen sich sogleich auf und verwehren der Flüssigkeit den Durchgang. Oeffnet man bei einem jungen, säugenden Thiere den Unterleib und breitet das Gekröse aus, um die Milchgefäße, welche vom Darme herkommen, in ihrer ganzen Ausdehnung überschauen zu können, so zeigen sich diese Lymphgefäße strotzend mit einem milchweißen Chylus erfüllt. Legt man einen Faden um eines derselben, so füllt sich die Strecke des Milchgefäßes zwischen dem Faden und dem Darme bis zum Bersten an und bei einem Einstiche in das Gefäß spritzt der Inhalt im Bogen hervor, während von dem Faden weg nach dem Milchbrustgange hin das Gefäß sich nach der Unterbindung entleert hat. Derselbe einfache Versuch bringt aber noch eine andere Eigenthümlichkeit der Lymphgefäße zur Anschauung, die nicht ohne Resultat für die Auffassung der in ihnen herrschenden Bewegung bleibt. Die Milchgefäße füllen und entleeren sich nämlich abwechselnd, wenn man sie in dem Gekröse eines lebenden Thieres betrachtet und die darin enthaltene Flüssigkeit schiebt sich dadurch stets weiter und weiter vom Darme weg. Spürt man nun dem Rhythmus dieser abwechselnden Füllungen und Entleerungen nach, so ergibt sich bald, daß derselbe mit den wurmförmigen, peristaltischen Bewegungen des Darmes in einem gewissen Zusammenhange steht. Einer jeden Zusammenziehung einer Darmstelle folgt die Anfüllung des Lymphgefäßes und eine beschleunigte Bewegung des darin enthaltenen Milchsaftes; der Erschlaffung des Darmes folgt das Zusammensinken des Lymphgefäßes, das sich entleert, in sich zusammenfällt und

enger in seinem Lumen wird, als es bei der Anfüllung im ausgedehnten Zustande war.

Es scheint, als ob dieses Phänomen, das sehr leicht bei jungen, säugenden Thieren zu beobachten ist, den Schlüssel zu der Ursache der Lymphbewegung geben könne. In der That werden auch nur in solchen Organen Lymphgefäße beobachtet, welche entweder selbstständig durch Zusammenziehung ihr Volumen ändern können, oder aber so von muskulösen Theilen umgeben sind, daß sie stets abwechselndem Drucke ausgesetzt werden können. In den Knochen, in welchen kein solches Verhältniß Statt haben kann, sind auch bis jetzt noch keine Lymphgefäße nachgewiesen worden. Es sind demnach großentheils die Muskularbewegungen anderer, umliegender Gebilde, welche den Grund zur Bewegung der Lymphe und zur Fortschaffung dieser Flüssigkeit in sich enthalten. Die Lymphgefäße verhalten sich etwa, wie die Capillarröhren eines Badeschwammes, welchen man mit dem einen Ende ins Wasser taucht. Die Röhren saugen sich voll Wasser, das beim Zusammendrücken des Schwammes wieder hervorquillt; beim Nachlassen des Drucks wird sogleich wieder Wasser nachgesaugt. Bei den Lymphgefäßen findet nur der Unterschied Statt, daß hier durch den Bau und die Vereinigung der Kanäle dem Ausflusse eine bestimmte Richtung gegeben ist. Ein durch endosmotische Strömung an seinem peripherischen Ende angefülltes Lymphgefäß wird daselbst zusammengedrückt; die darin enthaltene Flüssigkeit wird durch diesen Druck nach dem Stamme hin fortgeschoben. Läßt der Druck nach, so kann, der Klappen wegen, die Flüssigkeit nicht zurück strömen; sie sammelt sich hinter den Klappen an. Unterdeß füllt sich der entleerte Theil des Lymphgefäßes von Neuem und bei erneuertem Drucke wird die frisch aufgesaugte Flüssigkeit auch wieder weiter geschoben. Der Mechanismus der Lymphgefäße ist demnach einer Saugpumpe mit elastischen Röhren zu vergleichen, wo aber der hebende Zug des leeren Raumes durch einen aktiven auf die Röhren selbst wirkenden Druck ersetzt ist.

Eine Menge alltäglicher und Jedermann bekannter Erschei-

nungen zeigen den Einfluß der Muskelzusammenziehungen auf die Bewegung der Lymphe. Bei längerem Sitzen zu Pferde oder im Wagen schwellen die Beine wassersüchtig an durch Erguß von Flüssigkeit in das Zellgewebe. Aktive Bewegung der Glieder, Gehen zu Fuße ist das beste Mittel, um diese Anschwellung verschwinden zu machen, denn sie ist einzig und allein Folge der Bewegungslosigkeit, in welcher die Beine längere Zeit hindurch erhalten wurden. Das aus den Blutgefäßen in das Gewebe ausgeschwitzte Blutwasser, welches bei gewöhnlicher Bewegung von den Lymphgefäßen aufgesaugt und weggeschafft wird, sammelt sich jetzt in dem Gewebe an, da in Folge der Unthätigkeit der Muskeln die Bewegung in den Lymphgefäßen stockt — daher die wassersüchtige Anschwellung und ihre Heilung bei sofortiger Bethätigung der Lymphbewegung. Vielleicht, daß ein ähnliches Verhältniß in gewissen Krankheiten obwaltet, wo durch Lähmung des Nerveneinflusses die peristaltischen Zusammenziehungen des Darmes geschwächt und verlangsamt werden und als Folge dieser Paralysirung des Haupthebels der Milchsaftbewegung dann allgemeines Sinken der Ernährung und des Auffaugungsprozesses eintritt.

Die Muskelbewegungen und Volumveränderungen der umgebenden Theile aber sind nicht die alleinigen Hebel der Bewegung in den Lymphgefäßen. Es gibt auch noch selbstständige Contractionen der Gefäßstämme, die zwar sehr langsam sind, aber doch beobachtet worden sind an lebenden Thieren, und deren Vorhandenseyn auch dadurch wahrscheinlich wird, daß an dem Milchbrustgange ähnliche unwillkührliche Muskelfasern nachgewiesen werden können, wie an andern contractilen Röhren. Daß aber die Lymphgefäße Contractilität besitzen und die in denselben enthaltene Flüssigkeit stets unter einem gewissen Drucke steht, geht schon aus dem Umstande hervor, daß ein angefülltes Lymphgefäß, wenn es angestochen wird, ganz so im Strahle spritzt wie eine Vene; ein Beweis, daß die Flüssigkeit unter einem gewissen, von den Wandungen ausgeübten Drucke steht.

Die Auffaugung durch die Capillargefäße des Blutsystemes

unterliegt Gesetzen, die zwar im Prinzipe durchaus dieselben bleiben, deren Wirkung aber, durch die speziellen Verhältnisse der Haargefäße, sehr bedeutend modificirt ist. Das Blut, welches in den Capillarien circulirt, wird von dem Herzen aus in raschem Strome durch die feinen Maschen getrieben; eine Blutwelle drängt die andere und eine nach der anderen kommt in enge Wechselwirkung mit den aufsaugenden Stoffen. Im weiteren Laufe aber durchströmt das Blut die Leber, die Lungen und verschiedene andere Sekretionswerkzeuge, ehe es wieder an die Stelle der Aufsaugung, das heißt zum Darmkanale zurückkommt. Die Blutwelle, welche schon einmal aufgesaugt hat, kann demnach auf ihrer Bahn sich aller aufgenommenen Stoffe entledigt haben und von Neuem zu endosmotischem Austausche fähig seyn. Die Schnelligkeit, womit Flüssigkeiten in die Capillargefäße eindringen, ist nicht minder beträchtlich, als die Durchdringung der Lymphgefäße, denn die Häute beider sind gleich dünn und zart gewebt. Wenn aber dieses eine Moment der Aufsaugung dasselbe ist in beiden Arten von Gefäßen, so ist im Gegentheile die Schnelligkeit der Verbreitung der aufgesaugten Stoffe durch den ganzen Körper himmelweit verschieden. In den Lymphgefäßen wird nur langsam der Inhalt nach den Stämmen und dem Milchbrustgange hingeschoben, während die von den Blutgefäßen aufgenommene Substanz in wenig Sekunden den ganzen Körper durchläuft und entweder irgendwo verbraucht oder von den Absonderungsorganen ausgeworfen wird. Ja das Strömen einer beim endosmotischen Prozesse betheiligten Flüssigkeit scheint von wesentlichem Einflusse auf den Austausch selbst zu seyn. Man hat einen einfachen Versuch in der Art angestellt, daß man ein Darmstück quer durch eine mit Flüssigkeit gefüllte Schüssel legte und dann eine andere Flüssigkeit durch den Darm ablaufen ließ. Die Endosmose in die laufende Flüssigkeit hinein war weit stärker und geschah schneller, als wenn beide Flüssigkeiten in Ruhe waren und auch die Richtung des endosmotischen Stromes war in so fern modificirt, als die strömende Flüssigkeit weit mehr aufnahm als abgab, während in der Ruhe beide Flüssigkeiten sich fast mit gleicher

Intensität mischten. Die Anwendung dieser einfachen Thatsache auf die Verhältnisse des Blutstromes zu der im Darme bei der Verdauung enthaltenen Flüssigkeit ergibt sich von selbst.

Die Versuche, denen zu Folge man den Lymphgefäßen durchaus alle Auffaugungsfähigkeit absprach, waren in so fern mangelhaft, als man nicht die gehörige Geduld hatte abzuwarten, bis das bei der langsamen Bewegung der Lymphe nothwendig erst sehr spät sich zeigende Resultat eintrat. Dann aber berücksichtigte man auch den zweiten Faktor der Lymphbewegung, die selbstständige Contraction der Gefäßwandungen nicht genug und wählte Substanzen zu diesen Versuchen, welche auf diese Contractionen einen lähmenden Einfluß ausüben. Das Prinzip, nach welchem die Versuche angestellt wurden, war richtig; Vernachlässigung der Nebenumstände machte das Resultat fehlerhaft. Man stellte die Versuche nämlich in der Art an, daß man die zu einem Gliede oder zu einem isolirten Darmstücke gehenden Blutgefäße unterband und nun in eine Wunde oder in die Höhle des Darmes ein starkes narkotisches Gift, z. B. Strychnin oder Opium, brachte. So lange der Kreislauf in dem isolirten Körpertheile unterbrochen war, zeigten sich, auch nach stundenlangem Harren, keine Vergiftungserscheinungen; sobald man aber die Unterbindungsfäden löste und dadurch den Kreislauf wieder herstellte, so zeigten sich auch die dem Gifte eigenthümlichen Wirkungen. Ebenso erschienen Substanzen, die zwar nicht giftig wirkten, aber entweder durch ihre Farbe oder ihre Reaktion sich leicht in kleinen Mengen auszeichnen, nach sehr kurzer Zeit in den Blutgefäßen und erst nach mehren Stunden in der Lymphe der Stämme und des Milchbrustganges. Aus diesen Versuchen, deren Richtigkeit nicht angefochten werden kann, schloß man nun auf der linken Seite des Rheines etwas übereilt auf die totale Unfähigkeit der Lymphgefäße, Substanzen aufzusaugen und läugnete somit die ihnen bisher zuerkannte Funktion, an deren Stelle man freilich keine andere zu setzen wußte. Indeß gieng man hierin offenbar zu weit; man vergaß, daß nach Fütterung der Thiere mit gewissen Substanzen diese während der Verdauung in den Milchgefäßen

nachgewiesen werden können, man vergaß, daß manche Gifte und besonders thierische, offenbar durch die Lymphgefäße aufgesaugt werden, wie dies in solchen Fällen die nachfolgenden krankhaften Erscheinungen auf das Ueberzeugendste darthun. Wie oft erfolgen nach Verwundungen, bei Sektionen faulender oder an bösartigen, zersetzenden Krankheiten verstorbener Leichname schmerzhafte Entzündungen, bei welchen die Lymphgefäße des verwundeten Theiles strangartig anschwellen, hart werden und wo zuweilen die Entzündung sich in die benachbarten Lymphdrüsen fortsetzt und hier hartnäckige Eiterungen, nicht selten sogar den Verlust des Gliedes oder selbst allgemeine Vergiftung zur Folge hat! Die Vorsichtsmaßregeln gegen solche, leider nur allzu häufige Zufälle und ihre Folgen waren den Anatomen und Physiologen meistens aus eigener, schmerzhafter Erfahrung bekannt und darum konnte auch die neue Lehre von der Unthätigkeit der Lymphgefäße sich keinen vollkommenen Beifall erringen. Die aus den Versuchen selbst aber gezogenen Schlüsse erhielten bald die bedeutendsten Modificationen. Die Farbestoffe, die Reagentien, die Nahrungssubstanzen waren stets einige Stunden nach der Aufnahme in den Körper auch im Laufe der Lymphgefäße nachgewiesen worden und da man anatomisch erhärten konnte, daß keine Verbindung zwischen den Aesten und Zweigen der Lymphgefäße und den Blutgefäßen existirt, so war dadurch der Schluß gerechtfertigt, daß die Lymphgefäße zwar allerdings aufsaugen, aber im Verhältniß zu den Blutgefäßen nur sehr langsam. Daß narkotische Gifte gar nicht von ihnen aufgenommen werden, war um deßwillen erklärlich, weil diese Gifte die Muskularzusammenziehung bei örtlicher Applikation unmittelbar lähmen. Die Berührung dieser Gifte mit der inneren Haut der Lymphgefäße mußte mithin nothwendig die Bewegung in diesen Gefäßen selbst vernichten, indem sie ihre selbstständigen Contractionen lähmte.

Der Hauptunterschied zwischen den Lymph- und Blutgefäßen hinsichtlich der Aufsaugung beruht demnach in der verschiedenen Schnelligkeit, womit die Stoffe in denselben aufgenommen und weiter geführt werden. Damit ist aber auch zugleich ein

fundamentaler Unterschied hinsichtlich der Natur dieser aufzunehmenden Substanzen selbst gegeben, und einzig aus diesem Umstande ist es erklärlich, warum die Blutgefäße hauptsächlich solche Stoffe aufsaugen, welche dem Körper in ihrer Zusammensetzung heterogen sind und die meist als fremde Stoffe wieder ausgeleert werden, während die Lymphgefäße die eigentlichen Kanäle zur Ueberführung der nährenden Substanzen sind, mögen nun diese von Außen her aufgenommen werden, wie es in dem Darmkanale der Fall ist, oder sich als Ueberschuß bildender Flüssigkeit in den Geweben des Körpers und dem Blute ausgeschieden haben.

Die in den Darmkanal aufgenommenen Stoffe bilden dort einen Brei, in welchem hauptsächlich Faserstoff, Eiweiß, Fett, Zucker und stärkmehlhaltige Substanzen aufgelöst und mit mancherlei fremdartigen Bestandtheilen und mineralischen Salzen gemengt erscheinen. Dieser Brei ist in beständiger, vielseitiger Berührung mit der Schleimhaut des Darmes, in beständigem Austausche mit den Lymphgefäßen und den Capillarnetzen der Schleimhaut. Die erste Wirkung dieser Berührung wird seyn, daß beide Flüssigkeiten sich auf einen gleichen Concentrationspunkt stellen und daß das Blut entweder, wenn der Speisebrei weniger concentrirt ist, Wasser von ihm aufnimmt oder aber, im entgegengesetzten Falle, an ihn Wasser abgibt. Da wir meist mehr oder weniger feste Nahrung zu uns nehmen, so wird dadurch das Bedürfniß der Suppen und anderer flüssiger Gerichte, so wie die Nothwendigkeit des Trinkens über Tisch und während der Verdauung leicht erklärlich. Das Blut stellt aber eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff mit mehren Salzen vor. Sobald der Speisebrei einen ihm gleichen Concentrationsgrad hat, so wird weder Faserstoff noch Eiweiß, mithin keine unmittelbar nährende Substanz mehr vom Blute aufgenommen werden können. Fremdartige Stoffe dagegen, stärkemehlhaltige Substanzen und Salze werden durch schnellen Austausch in das Blut befördert und von diesem stets weiter geführt, so daß bedeutende Quantitäten solcher Stoffe aufgenommen werden können. Ihre Aufsaugung hört erst dann auf, wenn das Blut ebenso mit diesen Stoffen gesättigt

ist, als die im Darme enthaltene Flüssigkeit; — ein Verhältniß, das um so seltener eintreten muß, als das Blut durch die Sekretionsorgane stets wieder eine Ablage für fremdartige Stoffe besitzt. Die Aufnahme der direkt nährenden Stoffe, der Proteinkörper, ist demnach nur dann möglich, wenn ungleiche Concentrationsgrade zwischen dem Speisebrei und dem Blute bestehen, die aber bei der Schnelligkeit des Kreislaufes bald ausgeglichen sind.

Anders verhält es sich mit den Lymphgefäßen. Diese füllen sich mit derjenigen Flüssigkeit, welche die Darmschleimhaut und deren Gewebe tränkt; ob diese Flüssigkeit aus dem Blute oder aus den frisch aufgenommenen Stoffen herstamme, ist völlig gleichgültig; — sie füllen sich damit und führen sie langsam in stetem Zuge in den Kreislauf über. Aber es ist aus den Gesetzen der Endosmose schon leicht einzusehen, daß, welcher Art nun auch diese Flüssigkeit sey, sie immer eine gewisse Quantität Proteinkörper enthalten müsse. Bekommt das Thier keine Nahrung oder nur solche, welche kein Eiweiß, keinen Faserstoff enthält, so müssen diese Stoffe mit dem Blutwasser aus den Gefäßen treten, das Gewebe der Schleimhaut tränken und so in den Bereich der Lymphaufsaugung fallen; erhält das Thier in seiner Nahrung Proteinkörper, so wird aus dieser der Faserstoff und das Eiweiß genommen werden. Bei hungernden, wie bei wohlgefütterten Thieren wird daher der Chylus und die Lymphe einen etwa gleichen Gehalt an Proteinkörpern bieten, denn die tränkende Ernährungsflüssigkeit bleibt in beiden Verhältnissen etwa dieselbe, hinsichtlich ihrer Zusammensetzung. Daß aber andere fremdartige Substanzen und Respirationsmittel nur in sehr geringer Menge in den Chylus und die Lymphe aufgenommen werden, dies ist leicht aus der Schnelligkeit ihrer Wegschaffung mittelst der Blutgefäße erklärlich. Bis nur eine einigermaßen bemerkliche Quantität dieser Stoffe in der trägen Bewegung der Lymphe fortgerückt und nach den Stämmen hin bewegt ist, haben die Blutgefäße schon die ganze Masse des fremden Stoffes aufgeräumt. — Auffallend bleibt bei der

Zusammensetzung des Milchsaftes nur sein Gehalt an freiem Fette nach Genuß fettiger Substanzen, was bei den Blutgefäßen nicht der Fall scheint; wie das Fett in die Lymphgefäße übergehen könne, ist ein völliges Räthsel.

Soviel bleibt demnach als Resultat unserer Untersuchungen über die Auffaugung festgestellt: die Lymphgefäße sind die beständige, stete Zufuhrquelle der eigentlich nährenden Bestandtheile, der Proteinkörper und des Fettes; das Blutgefäßnetz des Darmes der Auffaugungsapparat für Respirationsmittel und fremdartige Stoffe.

Achter Brief.

Die thierische Wärme.

Linné hat in seiner Eintheilung der höheren Thiere hauptsächlich auf einen Charakter Rücksicht genommen, der jedem Kinde bekannt ist, nämlich: auf die Wärme des Blutes, und danach zwei Hauptgruppen, warmblütige und kaltblütige Thiere, aufgestellt. Der unangenehme Eindruck, den wir empfinden, wenn wir die Haut eines Frosches oder eines Fisches berühren, der Widerwillen, den viele Personen gegen die Annäherung eines solchen Thieres zeigen, ist tief begründet in der Aehnlichkeit ihrer Temperatur mit der eines Leichnams. In den todten Körpern der Menschen, der Säugethiere ist ebenfalls die Wärme geschwunden, welche das Resultat des Lebens war, und in dem lebenden Reptil findet während des Lebens eine Wärmeentwicklung statt, die so schwach ist, daß sie unsrer Hand nicht mehr fühlbar ist. Es deutet dies auf einen bedeutenden Unterschied in dem Lebensprozesse der Wirbelthiere hin; denn die Produktion der Wärme ist nichts Zufälliges; sie ist auf das Innigste mit dem Leben verbunden und bei den höheren Thieren eines der wesentlichsten Resultate des Lebensprozesses. Gerade darum aber, weil diese Wärme eben nur als eines der letzten Resultate auftritt, und mit allen einzelnen Phänomenen dieses Prozesses in Verbindung zu stehen scheint, eben deßhalb ist auch ihre Erzeugung einer der dunkelsten Punkte in der Physiologie. Man kann kaum einen Eingriff in die geringste Funktion des Körpers wagen, kaum eine Aenderung dieses oder jenes scheinbar vereinzelten Phänomens beobachten, ohne zugleich eine Veränderung des

Wärmegrades eines einzelnen Theiles oder des Gesammtkörpers wahrzunehmen. Man hat nun, wie mir scheinen will, viel zu häufig den Fehler begangen, je nachdem man diese oder jene Quelle der Wärme entdeckte, dieser auch allein die Produktion derselben zuzuschreiben, und nur zu oft den Erfahrungssatz außer Augen gelassen, nach welchem gleiche Ursachen auch gleiche Wirkungen bedingen, nie aber gleiche Wirkungen auch auf gleiche Ursachen schließen lassen. Das Holz geräth ins Brennen, ob man es nun nach der früheren Weise civilisirter Nationen mit einem in Schwefelsäure getauchten Zündhölzchen, oder nach Art der Wilden durch heftiges Reiben in Flammen setze; der chemische Prozeß, wie der mechanische Effekt, so verschieden sie auch in sich seyn mögen, haben durchaus dieselbe Wirkung — wäre es nicht thöricht, behaupten zu wollen, daß man nur mittelst Zündhölzchen anbrennen könne? — Man kann nicht läugnen daß die Physiologen in diesen Fehler gefallen sind, und der Eine, der durch Muskelbewegung Wärme erzeugt werden sah, wollte dem Andern nicht glauben, der den chemischen Umwandlungen im Körper ebenfalls exclusiv die Wärmeerzeugung zuschrieb. Ein vernünftiger Vergleich beider streitender Partheien, wo jede ein Weniges nachgelassen hätte, würde vielleicht den Streit zu Ende gebracht haben.

Man mißt die Temperatur des thierischen Körpers überhaupt meist an Orten, wo die Thermometerkugel in Oeffnungen eingeführt werden kann, innerhalb deren sie durchaus gegen alle Abkühlung von außen geschützt werden kann. So meistens im Munde unter der Zunge, in der Achselhöhle u. s. w. Die mittlere Temperatur eines Erwachsenen an diesen Stellen beträgt etwa 37,2 Grade des hunderttheiligen Thermometers, oder 29,8 des Réaumur'schen, während an freien Hautstellen diese Temperatur um einige Grade sinkt, und im Durchschnitte nur 34,1 Celsius oder 27,3 Réaumur beträgt.

Messungen der verschiedenen Körpertheile ergeben ein Resultat, welches mit den Schlüssen, die man a priori machen könnte, vollkommen in Einklang steht. Es ist begreiflich, daß Theile des Körpers, welche eine größere Oberfläche darbieten,

aus denen mithin mehr Wärme ausstrahlen kann, sich schneller abkühlen, als andere, die nur eine sehr geringe Oberfläche besitzen. Im Allgemeinen sind noch die einzelnen Theile in der Beziehung vortheilhaft gebaut, daß sie mehr oder minder regelmäßige Cylinder darstellen, wie der Rumpf, die Arme und Beine, oder selbst Formen, welche derjenigen der Kugel nahe kommen, mithin bei größtem Rauminhalte die kleinste Oberfläche darbieten. Nichts desto weniger ist der Wärmeverlust, den die Enden der Extremitäten, die Finger, Zehen, Hände und Füße erleiden, so bedeutend, daß an der Fußsohle z. B. die Temperatur nur 32°,3 C. beträgt. Einen Schutz gegen solchen Verlust verschafft uns die Bedeckung mittelst schlecht leitender Körper, wie Wolle, Federn, Haare u. s. w. Alle diese Stoffe zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, daß die Wärme nur sehr schwer sie durchdringt, aber auch eben so schwer von ihnen mitgetheilt wird. Ein Stück Metall, das an dem einen Ende glühend ist, kann nicht ohne Schaden an dem andern Ende angefaßt werden; ein Holzbrand dagegen, der unten brennt, zeigt wenige Zolle davon kaum eine merkliche Erhöhung seiner Wärme.

Ein Metall aber kühlt sich schnell ab, giebt die Wärme, die es erhalten, eben so schnell ab, als es sie in seinem Innern weiter leitete, während ein schlechter Leiter sie eben so lange erhält, als er sie langsam in sich aufnimmt. In unseren Climaten, wo die mittlere Jahrestemperatur etwa um 20 Grade tiefer steht, als diejenige des Körpers, bedarf es mithin eines Schutzes und diesen suchen wir ihm durch Kleider, Pelzwerk, Federdecken zu gewähren. Bei den Thieren, welche die nordischen und gemäßigten Klimate bewohnen, hat die Natur in ähnlicher Weise gesorgt. Die Fischsäugethiere ausgenommen, über deren Organisation und Lebensverhältnisse wir überhaupt nur sehr wenige Kenntnisse besitzen, sind alle Thiere der kälteren Zonen mit dichtem Pelz oder Federüberzügen versehen, deren Dichtigkeit bekanntlich im Winter um ein bedeutendes zunimmt. Man würde vergeblich außerhalb der warmen Zonen Thiere mit nackter, kahler Haut suchen, welche in der Nähe des Aequators so häufig

vorkommen. Ich will damit keineswegs behaupten, daß die Natur den Thieren einzig nur deshalb Federn und Haare auf dem Leibe wachsen lasse, um sie fein warm zu halten; es giebt an dem Aequator Thiere, die ein eben so schönes Pelzwerk besitzen als andere an den Polen und neben Affen mit langen dichten Wollhaaren klettern andere in den Urwäldern Amerika's umher, die fast nackt sind.

Man hat bekanntlich viel von dem kältern Blute der Nordländer, dem heißern der Südländer gesprochen, und die Poeten namentlich haben dies Kapitel auf das reichlichste ausgebeutet. Die Eifersucht, Rachsucht, kurz alle Triebe und Leidenschaften, welche bei einzelnen Völkern mehr oder minder ausgeprägt scheinen, werden auf Rechnung der Wärme des Blutes geschoben. Mit diesen physiologischen Eroberungen nicht zufrieden, sind einige Autoren der neuesten Zeit sogar so weit gegangen, auch die Farbe des Blutes bei den verschiedenen Raçen verschieden zu finden, und den Germanen blaues, den Franken rothes Blut zu vindiciren. Ich weiß nicht ob sich diese Behauptungen auf genauere Beobachtungen stützen; — was die Temperatur des Blutes betrifft, so kann man ziemlich dreist behaupten, daß solche Verschiedenheiten nicht existiren, und daß die kleinen Abweichungen, welche man bei den Völkern der entlegensten Zonen getroffen hat, nicht größer sind als die Verschiedenheiten, welche man bei einzelnen Individuen findet. Der Malaye, dessen wüthende Leidenschaften zum Sprichwort geworden sind, zeigt keine größere Wärme des Bluts, als der geduldige Hottentotte, und wenn auch die Untersuchungen der Naturforscher über diesen Punkt noch nicht alle wünschenswerthe Ausdehnung erhalten haben, so darf man doch schon jetzt den Dichtern und Nationalökonomen den Rath geben, andere Gründe für die Charakterverschiedenheit der Raçen und Völker zu suchen.

Die Temperaturverschiedenheiten der inneren Theile des Körpers können natürlich nicht bei lebenden Menschen untersucht werden, und auch bei Thieren besitzen wir nur wenig, mit zuverlässiger Genauigkeit angestellte Versuche. Es ist zu beklagen,

daß wir hier keine Thatsachen in großer Zahl besitzen, die freilich genau genug gesammelt seyn müßten, um sehr kleine Verschiedenheiten von einem Zehntel und selbst einem Zwanzigstel Graden mit Sicherheit angeben zu können; solche Versuche würden mehr als lange Seiten theoretischer Abhandlungen, auf sichere Schlüsse über den eigentlichen Grad der Wärmeerzeugung führen. Die bis jetzt bekannten Versuche ergeben nur sehr wenig Resultate. So soll das Blut der Halsschlagader beinahe um einen Grad höher temperirt seyn, als dasjenige der Halsvene; Lunge und Leber ebenfalls etwa um einen Grad höher als Gehirn und Magen. Für die Beantwortung der jetzt obschwebenden Fragen in Beziehung auf die Wärme genügen aber diese Angaben durchaus nicht. Wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, ob in der Lunge eine wirkliche Verbrennung Statt finde, und dadurch Wärme entbunden werde, die vom Blute weiter geführt wird, wenn man wissen will, ob der Ernährungsprozeß der Organe die Wärmequelle sey, aus der das Blut seine Temperatur schöpft, so müssen entscheidende Messungen in der Art angestellt werden, daß die betreffenden Organe in ihrer Funktion erhalten, die Ausstrahlung von Wärme verhindert und nun das zu und abströmende Blut seiner Temperatur nach genau gemessen werde. Gesetzt, ich fände bei einem Hunde, dessen Bein ich so mit Pelz umwickelt habe, daß es schon seit Tagen dieselbe Temperatur beibehält, daß das zuströmende Arterienblut kälter ist, als das abströmende Veneblut, so ist der Schluß gesichert, daß in dem Beine selbst Wärme entwickelt wird, und daß mithin die Ernährung der Theile, und der dabei vorgehende chemische Prozeß eine Wärmequelle darstellt. Fände ich nun bei einem andern Versuche, daß bei fortdauerndem Athmen, das in den Lungenarterien strömende Blut kälter sey, als das durch die Lungenvene nach dem Herzen zurückkehrende, so wäre damit der Beweis geliefert, daß der Athmungsprozeß in den Lungen ebenfalls eine Wärmequelle bietet, wodurch, trotz der in den Lungen stattfindenden Verdunstung, die nothwendig eine Erkältung zu Folge haben muß, dennoch in demselben Organe das Blut stärker

erhitzt wird. Solche entscheidende Versuche aber fehlen uns, wie gesagt, noch gänzlich, und wir sind zur Erklärung der Wärmebildung im Körper lediglich auf Hypothesen, Analogieen und daraus hergeleitete Schlußfolge beschränkt.

Die Athmung ist ohne Zweifel einer der wichtigsten Hebel zur Erzeugung der Wärme. In allen Fällen, wo die Athmung sinkt, wo die Athemzüge in längern Intervallen folgen, nur kurz sind, und an Intensität, Tiefe und Schnelligkeit abnehmen, in all diesen Fällen sinkt auch die Temperatur des Körpers rasch und oft selbst mit auffallender Schnelligkeit. Jeder hat wohl schon diese Beobachtung bei Individuen gemacht, welche in Ohnmacht fallen, wo die Athemzüge fast gänzlich verschwinden, der Herzschlag sich vermindert und eisige Kälte sich über den Körper verbreitet. Beiläufig gesagt, ist dadurch auch ein Mittel gegeben eine wahre Ohnmacht von einer verstellten zu unterscheiden. Wir können zwar willkührlich den Athem einhalten und uns so gewöhnen, daß wir denselben nur unmerklich und in großen Intervallen schöpfen; allein willkührlich kalt zu werden ist noch keinem Menschenkinde gelungen; sogar den Frauen nicht, welche zuweilen in Darstellung künstlicher Ohnmachten eine anerkennenswerthe Virtuosität besitzen.

In weit ausgedehnterem Maaße aber lassen sich diese Erscheinungen bei denjenigen Thieren beobachten, welche in Winterschlaf sinken. Ich habe selbst Gelegenheit gehabt, den kleinen Siebenschläfer, die sogenannte Haselmaus, in ihrem Schlafe zu beobachten, und genaue Untersuchungen darüber sind in neuester Zeit von einem meiner Freunde veröffentlicht worden. Sobald das Thier schläft, so werden seine Athemzüge so selten und so sanft, daß es kaum möglich ist, sie zu beobachten; das Herz schlägt nur äußerst schwach und kaum fühlbar. Unmittelbar nach dem Einschlafen sinkt auch die Eigenwärme des Thiers und zwar allmählich so tief, daß sie kaum ein Weniges über der Temperatur des umgebenden Raumes sich erhält. So bleibt das Thier während seines Schlafes. Sobald es aber erwacht, so werden die Athemzüge häufiger, der Herzschlag rascher und in kurzer Zeit

steigt die Wärme höher und höher, bis sie den Punkt erreicht, auf welchem sie sich beim wachenden Zustande stationär erhält. Ob das Thier unmittelbar vorher gefressen habe, oder nicht, hat auf die nachfolgenden Erscheinungen durchaus keinen Einfluß; seine Temperatur sinkt beim Einschlafen in durchaus ähnlicher Weise.

Der Einfluß der Respiration auf die Entwicklung der Wärme ist demnach nicht zu verkennen; allein es fragt sich, ob derselbe unmittelbar ist, ob der chemische Prozeß der Athmung selbst Wärme bildet, oder ob vielmehr diese Funktion nur mittelbar wirkt, indem sie mit anderen Thätigkeiten des Körpers in die engste Verbindung tritt.

Es kann nicht geläugnet werden, daß in dem Körper eine Oxydation der durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe vor sich geht. Betrachten wir die in dem Darmkanal aufgenommenen Substanzen ihrer allgemeinsten Zusammensetzung nach, so stellt sich heraus, daß alle eine bestimmte Quantität Sauerstoff enthalten, nie aber eine so große Menge dieses Elementes, daß sie hinreichend wäre, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, der sich ebenfalls in den Nahrungsmitteln findet, vollständig zu verbrennen und in Kohlensäure und Wasser überzuführen. Auf der andern Seite treten uns in den Auswurfsstoffen des Körpers, und namentlich in den gasförmigen Produkten der Respiration, diese zwei vollständig oxydirten Stoffe hauptsächlich entgegen; die Athmung liefert Kohlensäure und Wasser. Es muß demnach offenbar in dem Körper eine Verbrennung des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes auf Kosten des durch die Respiration zugeführten Sauerstoffes der Luft vor sich gehen, und daß Verbrennung Wärme entwickle, ist eine Thatsache, die nicht erst bewiesen zu werden braucht. Die erste Frage, welche hier gestellt werden muß, ist ohne Zweifel die: Genügt die auf die angegebene Weise entwickelte Wärmemenge, den Verlust, welchen der Körper beständig durch Ausstrahlen erleidet, zu decken? Ist es möglich, aus dieser beständigen Verbrennung zu erklären, warum wir in den verschiedensten Temperaturen der umgebenden Luft dennoch stets dieselbe Eigenwärme beibehalten, oder können noch andere Wärmequellen nachgewiesen werden?

Man hat approximativ so genau als möglich die Menge von Kohlenstoff zu bestimmen gesucht, welche in den Körper durch die Nahrungsmittel gelangt. Es müssen solche Berechnungen stets etwas Schwankendes haben; denn selten wohl findet man Leute, die sich zu einem durchaus regelmäßigen Regime hergeben wollen, die einen Tag um den andern genau dieselbe Quantität Speisen zu sich nehmen möchten, und ohne zu wechseln eine solche Lebensart Monate durchführen wollten. Unterscheidet sich doch der Behauptung Beaumarchais zu Folge, der Mensch neben anderen Charakteren gerade dadurch von den Thieren, daß er über den Durst trinkt, und oft auch mehr ißt, als er Hunger hat. Hier können nur Beobachtungen im Großen durchhelfen, und Derjenige, der diese Untersuchungen zuerst anstellte, scheint wirklich nicht ohne tiefe Berechnung der Umstände gewählt zu haben, indem er eine Compagnie deutscher Soldaten sich zum Gegenstande seiner Versuche auslas. Bei denen ist schon dafür gesorgt, daß sie regelmäßig leben, und zu viel über den Durst werden sie grade auch nicht trinken. — Ein erwachsener Mann verzehrt im Durchschnitte täglich 27,8 Loth Kohlenstoff in seinen Speisen und Getränken. Nach den Untersuchungen der Physiker entwickelt ein Loth Kohlenstoff 7875 Grad Wärme. Würde demnach der Kohlenstoff der Speisen innerhalb des Körpers verbrannt, so müßte dadurch eine Summe von 218825 Grad Wärme entwickelt werden, welche dem Körper durch Verdunstung des Wassers in den Lungen und auf der Haut durch Erwärmung der eingeathmeten Luft und der übrigen Auswurfsstoffe, und durch Ausstrahlung auf der Oberfläche wieder entzogen würden.

Auf den ersten Blick erscheint diese Entwicklung von Wärme ungeheuer; allein wir dürfen uns nicht verhehlen, daß eine genaue Berücksichtigung aller Umstände dieselbe bedeutend herunterseßen muß. Man könnte freilich einwenden, daß ein anderer Faktor, die Verbrennung des Wasserstoffes, dabei nicht in Betracht gezogen worden sey, und daß somit die Summe sogar noch um ein Bedeutendes höher gesetzt werden müsse. Allein auf der andern Seite ist zu berücksichtigen, daß alle organischen

Substanzen, die wir unter der Form von Nahrungsmitteln genießen, schon eine gewisse Quantität von Sauerstoff enthalten, und daß viele, ja die meisten derselben ihn in einem Verhältnisse enthalten, daß er an sich schon hinreichen würde, die Wasserstoffmenge der Substanz zu oxydiren und in Wasser zu verwandeln. Das Holz und viele andere Substanzen noch können angesehen werden als bestehend aus Kohle und Wasser; andere wieder als zusammengesetzt aus Kohle, Wasser und noch einer gewissen Menge Sauerstoff, bei wenigen nur reicht der Sauerstoff nicht hin, um den Wasserstoff unmittelbar zu verbrennen. Ueber die Gruppirung der Elemente in den organischen Substanzen können wir uns gar keine bestimmte Vorstellung machen, noch weniger aber etwas Bestimmtes aussagen. Nur so viel scheint mir sicher, daß keine organische Substanz so viel Hitze entwickelt, wenn sie verbrannt wird, als ihre Elemente entwickeln würden, wenn man sie einzeln verbrennte. Man würde die größten Irrthümer begehen, wenn man den Heizungswerth des Holzes z. B. nach seinem Gehalte an Kohlenstoff und Wasserstoff und nach der von diesen Stoffen bei der Verbrennung gelieferten Wärmemenge bestimmen wollte. Die vom Holze bei seiner Verbrennung gelieferte Wärme beträgt im Gegentheile kaum ein Viertel von der imaginären Hitze, welche man durch Trennung und Einzelverbrennung seiner Elemente erhalten würde. Wir haben überhaupt nur sehr wenig Bestimmungen über die Wärmemenge, welche bei den einzelnen chemischen Prozessen hervorgerufen wird. Man hat angenommen, daß die Ueberführung einer gewissen Menge von Kohlenstoff in Kohlensäure, oder mit andern Worten, die Verbrennung des Kohlenstoffes, stets dieselbe Wärme erzeugen müsse, möge nun diese Verbrennung unmittelbar geschehen, oder aber durch verschiedene chemische graduirte Processe sich hindurchziehen; allein leider ist diese Annahme, deren Bestätigung von außerordentlichem Belange für die Physiologie seyn würde, bis jetzt nur noch als Hypothese anzusehen.

Gesetzt aber auch, die Verbrennung des Kohlenstoffs im Körper genüge, um die Entwicklung der eigenthümlichen Wärme

hinreichend zu erklären, so fragt es sich zweitens, wo nun in diesem Falle der Heerd der Wärmeerzeugung hinzusetzen sey. Die ältere Meinung, welche namentlich seit Lavoisier gäng und gäbe geworden war, schien in der That die einfachste und ungezwungenste. Nach dieser fand die Verbrennung in der Lunge statt; das venöse Blut kreiste, mit verbrennlichen Stoffen angefüllt, in der Lunge, trat dort in Wechselwirkung mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre, was verbrennen konnte verbrannte, und das durch diesen Prozeß erhitzte arterielle Blut verbreitete sich nun in dem ganzen Körper, überall hin seine Wärme tragend und vertheilend. Die Lungen waren demnach der thierische Ofen und wie in einem mit Wasserheizung versehenen Hause vertheilten sich die dort zusammenlaufenden Heizröhren nach allen Theilen des Körpers.

Manche Umstände jedoch ließen sich schwer mit dieser Annahme vereinigen und namentlich darf man unter diesen die Temperatur der Lungen selbst in Anschlag bringen. Die Hitze müßte in diesen sehr groß, jedenfalls um einige Grad höher seyn, als in den übrigen Theilen des Körpers. Die Erfahrung sagt hier das Gegentheil; die Lungen sind nicht wärmer als der Magen, und alle andern Eingeweide, welche in verschlossenen, wohlgeschützten Räumen liegen. Man hätte die aus dieser Thatsache abzuleitenden Schlußfolgerungen zwar noch umgehen können; mit dem Augenblick aber, wo durch den Versuch nachgewiesen wurde, daß Thiere auch in andern Gasarten als Sauerstoff, Kohlensäure ausathmen; daß die Kohlensäure in dem Blute schon existirt, ehe dieses nur in den Lungen ankommt, und daraus dargestellt werden kann; mit diesem Augenblick, sage ich, mußte das ganze theoretische Gebäude fallen. Die Lungen konnten nicht mehr das Organ seyn, in welchen die Kohlensäure gebildet wird, und da der eben erwähnten Ansicht nach die Erzeugung dieses Oxydes die Ursache der Erwärmung des Körpers war, so mußte auch nothwendig der Ort, wo diese vor sich geht, aus den Lungen verlegt und andern Organen vindicirt werden.

Wenn indeß auch die Lungen der alleinige Wärmeheerd

nicht sind, so muß dennoch zugestanden werden, daß wenigstens ein geringer Grad von Wärme darin entwickelt werden müsse. Folgende Umstände scheinen eine solche Annahme durchaus gebieterisch zu verlangen.

Die Luft, welche wir einathmen, hat im Durchschnitt in unseren Zonen eine Temperatur von 10 bis 12 Graden, im Sommer mehr, im Winter weniger. Selten nur haben wir Hitzegrade, wo die Luft so warm wäre als unser Körper. Die ausgeathmete Luft hingegen hat die Temperatur unsres Körpers, sie ist demnach innerhalb der Lungen bis auf diesen Grad erwärmt worden; die Lungen müssen eine gewisse Quantität Wärme durch diese Abgabe verloren haben, die um so größer ist, je kälter die äußere Temperatur ist. Im Winter muß demnach dieser Verlust an Wärme weit bedeutender seyn als im Sommer, und je weiter im Norden wir leben um so mehr muß er zunehmen, während umgekehrt, gegen den Aequator hin, dieser Verlust mehr und mehr abnimmt.

Ferner ist die Luft, die wir einathmen, nur sehr selten mit Wasserdampf gesättigt. Sie ist wohl nie vollkommen trocken, allein eben so selten auch tritt der entgegengesetzte Fall ein. Die ausgeathmete Luft dagegen ist vollkommen mit Wasserdampf gesättigt und dieser Dampf kann nur durch Verdunstung der innerhalb der Lungen befindlichen Flüssigkeiten, d. h. des Blutes, geliefert werden. Nehmen wir nun auch an, daß ein Erwachsener täglich nicht mehr als ein halbes Pfund Wasserdampf in seinen Lungen bilde (eine Annahme, die nach den jetzt vorliegenden Thatsachen eher zu gering als zu hoch ist), so erhalten wir dadurch ein Abkühlungsmoment, welches noch viel bedeutender einwirken dürfte, als die Erhitzung der eingeathmeten Luft. Denn es ist bekannt, daß ein fester Körper, welcher flüssig wird, oder eine Flüssigkeit, welche sich in Dampf verwandelt, einer bedeutenden Quantität Wärme bedarf, um in ihren neuen Zustand überzugehen; daß diese Wärme, welche man die latente nennt, sich an dem Thermometer nicht mehr fühlbar macht, und daß somit die Verdampfung einer gewissen Quantität Wasser in

den Lungen eine bedeutende Abkühlung dieser letztern erzeugen müsse. Diese Abkühlung aber kann in der That nicht nachgewiesen werden; die Lungen haben dieselbe Temperatur wie alle innern Organe des Körpers, für welche diese außerordentlichen Momente der Abkühlung nicht eintreten und es kann demnach mit vollem Rechte aus dieser Thatsache gefolgert werden, daß in den Lungen noch eine besondre Wärmequelle existiren müsse, welche, trotz des Umstandes, daß ihnen beständig Wärme entzogen wird, sie doch auf einer constanten Temperatur erhält.

Die Schwierigkeit dieser Quelle zu bestimmen, fällt in die Augen. Die bis jetzt vorhandnen Thatsachen können auf keine solche leiten, zumal da durch die Präexistenz der Kohlensäure in dem blauen Blute die unmittelbare Verbrennung des Kohlenstoffs in den Lungen nicht statuirt werden kann. Vielleicht indeß, daß diese Thatsache nicht absoluten Werth hat, und daß zwar ein Theil der Kohlensäure schon fertig zugeführt wird, ein andrer aber erst in den Lungen sich bildet. Auffallend ist es wenigstens, daß bei alten Leuten, bei welchen die Intensität der Respiration bekanntlich sehr abnimmt, sich beinahe regelmäßig in der Lunge schwarze Massen absetzen, welche fast nur aus reinem Kohlenstoffe bestehen. Diese Absätze von Kohlenstoff sind nicht allein krankhafte, geschwulstartige Anhäufungen, die man unter dem Namen von Melanosen schon seit langer Zeit kennt, sondern sie erscheinen vielmehr in Form eines feinen Pulvers, das im Lungengewebe selbst sich anhäuft, und oft dasselbe so erfüllt und in so hohem Grade unwegsam macht, daß es Aerzte gibt, welche den Tod der Alten zum großen Theile dieser Anhäufung von Kohlenstoff in den Lungen zuschreiben. Sieht es nicht aus als wenn hier der Kohlenstoff, der bei der langsamen und unvollständigen Respiration in den Lungen nicht verbrennen konnte, in seiner ursprünglichen Form in dem Gewebe abgelagert würde?

Eine unzweifelhafte Quelle der Wärmeentwicklung im menschlichen und thierischen Körper ist noch außerdem in der Bewegung zu finden; allein leider erscheint auch hier die genaue Bestimmung dieses Faktors eben so schwierig und in ungemein weiten Gränzen

schwankend, als die Anerkennung der Thatsache an sich allgemein ist. Angestrengtes Umherlaufen und Bewegung der Füße wärmt diese mehr und nachhaltiger, als Annäherung an das Kamin, und bei Arbeiten im Freien während des Winters befinden wir uns wohl in Kleidern, die in der Ruhe uns kaum vor dem Erfrieren schützen würden. Der Einfluß der Bewegung ist sicher schon ein durchaus unmittelbarer; der Armmuskel eines Mannes, welcher Holz sägt, erwärmt sich durch die anhaltenden Contractionen, die er macht, um mehr als einen Grad über seine gewöhnliche Temperatur; es kann somit nicht in Zweifel gestellt werden, daß die Muskularbewegung an sich schon Wärme erzeugen müsse.

Nicht nur durch unmittelbare Erzeugung von Wärme aber wirkt die Bewegung, sondern auch mittelbar durch Anfeuerung aller Funktionen des Körpers. Lebhaftes Springen, Laufen, jede Anstrengung der Muskelkraft überhaupt beschleunigt die Athmung, wirkt dadurch belebend auf die Thätigkeit des Herzens ein, und fördert somit durch Anregung des Kreislaufes den Blutumlauf und den Stoffwechsel. Das Blut kreist schneller durch die Organe, die Metamorphose wird lebhafter, eben weil in schnellem Umschwunge das Blut der in der Ernährung gebildeten Auswurfsstoffe sich mit größerer Raschheit entledigen kann. Das Capillargefäßsystem der Organe ist aber, wie wir schon früher ausgeführt haben, der Sitz der chemischen Prozesse; in dem Gewebe der Organe selbst, das von den vielfachen feinen Röhren der Haargefäße durchzogen ist, geht jener Stoffwechsel vor sich, den wir als Ernährung bezeichnen und dessen Hauptaufgabe Bildung neuer organischer Formelemente und Zurücknahme aller verbrauchter Stoffe ist. Da, wo der Sitz der chemischen Prozesse des Körpers ist, muß aber auch der Heerd seiner Wärme seyn; denn die chemischen Verbindungen sind es hauptsächlich, welche Wärme entwickeln. Sonach dürfen wir denn auch dreist behaupten, daß der Ernährungsprozeß der Organe es sey, welcher die Quelle der thierischen Wärme liefert, und es liegen Thatsachen in hinreichender Zahl vor, welche beweisen, daß man sich die Wärme

des menschlichen Körpers nicht so vorstellen muß, wie von einem einzelnen Punkte ausgehend, sondern daß vielmehr seine Temperatur das Resultat aller jener kleinen Wärmemengen ist, welche in jedem Momente des Körpers an allen Punkten seiner Theile producirt werden. Man kann mit dem Thermometer in der Hand nachweisen, daß entzündete Theile eine höhere Temperatur besitzen, daß mithin die Empfindung von Hitze, welche bei jeder nur irgend wahren Entzündung sich einstellt, nicht nur auf einem subjektiven Gefühle der Nerven beruht, sondern in der That einen objektiven Grund besitzt. In entzündeten Theilen aber ist der Stoffwechsel in hohem Grade bethätigt, das Blut kreist vielleicht nur ganz im Anfange, sobald die Entzündung noch auf dem bloßen Stadium der Congestion stehen bleibt, schneller als im normalen Zustande. Später stockt das Blut völlig in den gelähmten Capillargefäßen, sein Plasma tritt aus in die umgebenden Theile, und bald entstehen nun Neubildungen verschiedener Art, je nachdem der Prozeß der Entzündung mehr zu diesem oder jenem Ausgange neigt. Während der ganzen Zeit, wo dieser Prozeß dauert, ist auch die Temperatur des Theiles bedeutend erhöht, und somit eine selbstständige Production von Wärme einzig durch die im Innern des entzündeten Theiles vorgehenden chemischen Metamorphosen durchaus außer Zweifel gestellt.

Es ist schon mehrfach die enge Beziehung dargelegt worden, welche zwischen der Aufnahme der Substanzen einerseits und der Erzeugung von Wärme andererseits sich kundgibt; es ist nachgewiesen worden, welchen Einfluß die Temperatur des Klimas, in welchem wir leben, die Art und Weise, wie wir uns ernähren, auf diese verschiedenen, so innig mit einander verknüpften Prozesse haben. Ich darf nur die vielen dort angeführten Beispiele ins Gedächtniß zurückrufen, um zu beweisen, daß die Erzeugung der Wärme ein äußerst wandelbares Moment in der Physiologie ist, deren Hebung oder Herabdrückung einigermaßen, wenn auch nur mittelbar, in unsrer Hand steht. Mittelbar, sage ich; denn es wäre thöricht, die

Aufnahme von Substanzen und die Erzeugung von Wärme so unmittelbar verknüpfen zu wollen, daß kein anderer intermediärer Prozeß dazwischen treten würde. Etwas der Art hat man, deß bin ich sicher, nie behaupten wollen. Wenn man freilich nur die letzten Endresultate der Oekonomie des Körpers in das Auge faßt, so kann man behaupten, die Nahrungsmittel seyen dem Holze gleich zu setzen, das man in den Ofen steckt, damit es verbrenne und Wärme gebe; in dem Ofen, wie in dem thierischen Körper werden die Substanzen freilich am Ende zu Kohlensäure und Wasser verbrannt und weggeführt; allein in dem Ofen geschieht dies unmittelbar, in dem Körper erst durch eine lange Reihe von Zwischenbildungen, deren nähere Verkettung wir freilich bei weitem noch nicht so kennen, als sie es verdienten. Der neu aufgenommene Stoff ist es nicht, der in dem Körper zersetzt wird, sondern der alte unbrauchbar gewordene; je mehr wir aber von diesem letzteren wegschaffen, desto mehr müssen wir auch ersetzen und dessen größerer Zufuhr bedürfen wir demnach nothwendiger Weise. Sobald man die Produktion der Wärme und ihr Verhältniß zu dem Ernährungsprozesse in dieser, durch die Natur der Dinge gebotnen Art betrachtet, so verschwinden alle weitern Schwierigkeiten, die man manchen vielleicht zu schroff hingestellten Behauptungen entgegen warf. Ein Gericht Kartoffeln, das einen bestimmten Gehalt von Kohlenstoff hat, wird am Ende seiner Laufbahn durch den Körper eben so viel Wärme entbunden haben, als eine Portion Branntwein, welche eben so viel Kohlenstoff enthält, allein nichts desto weniger wird ihr unmittelbarer Effect ein durchaus verschiedener seyn. Die Kartoffeln werden langsam verdaut, gehen nur mit Weile in das Blut über und werden zum Ersatze verbrauchter Substanzen verwandt, während die alkoholische Flüssigkeit in äußerst kurzer Zeit aufgesaugt ist und in dem Blute kreist. Allein auch abgesehen von dieser so sehr verschiedenartigen Zeit der Aufnahme, treten gerade bei dem angeführten Beispiele Erscheinungen auf, welche beweisen, daß man auch mittelbaren Einflüssen Rechnung tragen muß. Nicht durch die Menge seines Kohlenstoffes

allein erwärmt der Weingeist, sondern auch durch seine aufreizende Eigenschaft für die Blutcirkulation, die wahrscheinlich durch Nervenwirkung bedingt ist. Das Herz schlägt schneller, das Blut kreist rascher nach dem Genusse weingeistiger Getränke; eine einfache Folge ist die Beschleunigung des Stoffwechsels in dem Körper, und damit auch, wie wir schon auseinander gesetzt haben, eine bedeutendere Produktion von Wärme.

Zum Beschlusse dieses Briefes muß ich nun einer Hypothese erwähnen, die noch jetzt in vielen Köpfen spuckt und deren leicht vorauszusehender Tod erst dann erfolgen wird, wenn die hier entwickelten Ansichten durch genaue experimentelle Thatsachen ihre Bestätigung gefunden haben werden. Diese Hypothese besteht einfach darin, daß man den Nerven oder dem unbekannten Räthsel der Lebenskraft die Erzeugung der thierischen Wärme zuschreibt. Wie man ersteren eine solche Funktion noch ertheilen könne, ist mir unbegreiflich. Ein Glied, an welchem man die Nerven durchschnitten hat, behält darum nichts destoweniger so lange seine normale Temperatur bei, als die Ernährung nicht unter der Lähmung leidet. Den Effekt des Sinkens der Temperatur in diesem Falle aber den Nerven zuschreiben zu wollen, ist durchaus unthunlich. Es ist bekannt, daß Glieder, deren Bewegung aus einem oder dem andern Grunde lange Zeit nicht geübt wurden, in ihrer Ernährung abnehmen und magerer werden; bei Beinbrüchen kann man alltäglich die Erfahrung machen, daß auch das gesunde Bein während des langen Liegens im Bett bedeutend abgemagert ist. Bei Klumpfüßen, wo durch die Difformität des Fußes die Wadenmuskeln ganz außer Thätigkeit kommen, schrumpfen diese ein, ohne daß nur die Nerven im mindesten krankhaft afficirt wären, und die Ernährung nimmt so ab, daß die Kranken beständig Kälte an dem unförmigen Fuße empfinden. Der gleiche Fall tritt bei Lähmungen und Durchschneidungen der Nerven ein, das geringe Sinken in der Temperatur des betreffenden Theils, das meist erst nach Monaten langer Aufhebung des Nerveneinflusses eintritt, kann nur dem Leiden der Ernährung im Ganzen zugeschrieben werden. Um

sich davon zu überzeugen, braucht man nur vergleichende Versuche an Thieren anzustellen, indem man bei dem einen die Blutgefäße der Extremitäten unterbindet, bei dem andern die Nerven durchschneidet. In dem Fuße, wo man die Cirkulation des Blutes unmöglich gemacht hat, kann man die Abnahme der Temperatur von Stunde zu Stunde mit dem Thermometer in der Hand konstatiren; da wo der Nerveneinfluß aufgehoben wurde, ist keine solche Abnahme bemerklich.

Die Lebenskraft endlich gehört zu der Zahl jener Hinterthüren, deren man so manche in den Wissenschaften besitzt und die stets der Zufluchtsort müssiger Geister seyn werden, welche sich die Mühe nicht nehmen mögen, etwas ihnen Unbegreifliches zu erforschen, sondern sich begnügen das scheinbare Wunder anzustaunen. — Die Medizin ist besonders erfinderisch in dieser Beziehung. Guter Gott! was sollte aus der Praxis werden, wenn wir nicht den Rheumatismus, die Hypochondrie und Hysterie hätten; drei jener Rumpelkammern, in welche wir alles werfen, von dem wir nichts Genaueres wissen. Als man die Elektrizität noch nicht kannte, hielt man den Donner für eine übernatürliche Erscheinung, je weiter man aber in der Kenntniß der Natur fortschritt, desto mehr schwand das Geheimnißvolle. Ein gleiches Verhältniß haben wir in der Physiologie; die Lebenskraft ist jenes unbekannte X, das überall im Hintergrunde steht, das stets ausweicht, wo man es fassen will, und dessen Reich um so weiter zurückgedrängt wird, je weiter voran die Wissenschaft ihre Fackel trägt. Zu Anfange noch unsers Jahrhunderts gab es keine Funktion des Körpers, worin nicht dies unbekannte Element der Lebenskraft eine bedeutende Rolle gespielt hätte; die Berufung auf sie zur Erklärung einer vorliegenden Thatsache hat jetzt schon keinen wissenschaftlichen Werth mehr; sie ist nur eine Umschreibung der Unwissenheit.

Physiologische Briefe.

Zweite Abtheilung.

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.

Zweite Abtheilung.

Stuttgart und Tübingen.

J. G. Cotta'scher Verlag.

1846.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

Neunter Brief.

Das Nervensystem.

Der Schädel des Menschen und der höheren Thiere bildet eine hohle, knöcherne Kapsel, in deren Innerem das Gehirn liegt, welches nebst dem Rückenmarke das Centralorgan für die Empfindungen und Bewegungen bildet. Das Rückenmark ist, wie das Gehirn, zwischen starren, knöchernen Wänden eingeschlossen, die aber nicht, wie beim Schädel, ein einziges unbewegliches Gewölbe bilden, sondern aus einer Reihe von Ringen, den Wirbeln, zusammengesetzt sind, durch deren Aufeinanderschichtung ein senkrechter Kanal gebildet wird, in dessen Höhle das Rückenmark aufgehängt ist. Gehirn und Rückenmark, die man meist unter dem Namen des Centralnervensystemes zusammenfaßt, ähneln einander sehr hinsichtlich des äußeren Verhaltens der Substanz, welche sie zusammensetzt. Beide haben eine weiße oder grauliche Farbe, einen großen Reichthum an Blutgefäßen, eine gewisse Weichheit, die an das Breiartige streift. Sie unterscheiden sich aber wesentlich durch den inneren Bau. Das Rückenmark bildet einen unten zugespitzten Cylinder, oder einen Kegel mit sehr geringer Basis und bedeutender Länge, der in seiner ganzen Ausdehnung so ziemlich dieselbe Struktur zeigt, während das Gehirn eine große Mannichfaltigkeit verschiedener Theile darbietet, deren Zerlegung stets zu den verwickeltsten Aufgaben der Anatomen gehört hat. Es wird nöthig seyn, etwas näher auf die Formengestaltung des Gehirnes einzugehen, da mit der Bedeutung einzelner dieser Theile und ihrer Beziehung sowohl zu den thierischen

Funktionen, als auch zu den höheren Verrichtungen des Gehirnes ein allzugewagtes Spiel getrieben worden ist.

Aus der Entwicklung des Gehirnes und Rückenmarkes sowohl, wie aus der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere läßt sich darthun, daß das Centralnervensystem anfänglich aus einer zusammenhängenden Reihe mehr oder minder geschlossener Räume gebildet ist. Längs der Wirbelsäule des Embryo findet sich ein cylindrisches Rohr als erste Anlage des Rückenmarks an dessen vorderem Ende drei Blasen aufsitzen, welche hinter einander gelegen, die verschiedenen Theile des Gehirnes andeuten und die man füglich von vorne nach hinten mit dem Namen Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn belegen kann. Direkte Fortsetzung des letzteren ist das Rückenmarksrohr. Die genannten Räume sind mit mehr oder minder gallertartiger Flüssigkeit erfüllt und auf ihrem Boden finden sich Ansammlungen festerer Substanz, die allmählich längs der Wände der Gehirnblasen in die Höhe steigen und gewölbartig nach oben fortschreiten, bis sie sich in der oberen Mittellinie begegnen. Erst wenn diese Begegnung an gewissen Stellen vollendet ist (an andern erfüllt sie sich gar nicht), erst dann erfolgt auch Anhäufung von festerer Masse nach innen gegen den Kanal selbst hin, der von Flüssigkeit erfüllte Raum nimmt mehr und mehr ab und bei dem erwachsenen Menschen endlich bleiben nur einzelne unbedeutende Höhlenräume zwischen den verschiedenen Gehirntheilen übrig, während der übrige Schädelraum und Rückenmarkskanal von fester Substanz erfüllt ist.

Es geht schon aus dieser kurzen Skizze der Entwicklungsgeschichte des Centralnervensystemes hervor, daß man zweierlei Gebilde daran unterscheiden kann, deren Geschichte wesentlich von einander verschieden ist, nämlich einerseits den Hirnstamm oder die ursprünglichen Theile, welche sich auf dem Boden der Gehirnblasen und des Rückenrohres absetzten und andererseits die Gewölbtheile, welche, auf dem Hirnstamm aufsitzend, den Schluß der festen Theile nach oben und die Ausfüllung der Höhlenräume von oben und den Seiten her bedingten. Jede der drei

ursprünglichen Hirnmassen hat so den auf dem Grunde sich durchziehenden Hirnstamm und einen darüber aufgesetzten Gewölbtheil, dessen Entwicklung bei den verschiedenen Klassen und Arten von Thieren sehr verschieden ist. Die wesentlichen Unterschiede, welche man in der Bildung des Gehirnes der Wirbelthiere sieht, hängen meist von dem Umstande ab, daß die Gewölbtheile der verschiedenen Hirnmassen sich ungleichmäßig entwickeln, daß bei der einen Art das Vorderhirn, bei einer andern das Mittel- oder Hinterhirn übermäßig sich ausbildet, und die andern Theile dadurch in ihrer Entwicklung gehemmt, überbaut und zurückgedrängt werden, so daß sie nur noch in rudimentären Verhältnissen sich finden. So stehen bei dem Menschen namentlich die Theile des Mittelhirns durchaus in keinem Verhältnisse zu dem Vorderhirn, dessen Gewölbtheil namentlich unverhältnißmäßig sich vergrößert und so über das Mittelhirn hinüberschlägt, daß dasselbe dem Blicke von allen Seiten entzogen ist und erst nach Abtragung oder Zurückschlagung des Vorderhirnes gesehen werden kann.

Die Gewölbebildung ist an dem menschlichen Gehirne namentlich bei dem Vorderhirne am deutlichsten wahrnehmbar. Deckt man den Schädel eines Menschen ab, so sieht man zwei große in der Mitte getrennte ovale Massen, deren Oberfläche zahlreiche, in einander gefaltete Windungen zeigt und die den ganzen oberen Schädelraum erfüllen. Vorne ruhen diese Massen auf dem knöchernen Dache der Augenhöhlen, hinten werden sie von einem eigenen häutigen Vorsprunge getragen, der so an der inneren Fläche des Hinterhauptes angebracht ist, daß er fast in derselben Horizontalebene liegt, wie das Dach der Augenhöhlen. Diese gewundenen Massen sind die Gewölbtheile des Vorderhirns, oder in der anatomischen Kunstsprache, die Hemisphären des großen Gehirnes. Der Spalt, welcher beide Hemisphären in der Mittellinie trennt, geht vorn bis auf das knöcherne Dach der Augenhöhle, hinten bis auf das häutige Zelt am Hinterhaupte durch, während im mittleren Drittel des Schädelraumes eine breite Nervenmasse den Zusammenhang zwischen

beiden Hemisphären vermittelt. Erst nach Durchschneidung dieser mittleren queren Nervenmasse, welche man mit dem Namen des Balkens und des Gewölbes bezeichnet, trifft man auf eine innere Höhle, den kleinen Rest des ursprünglichen Hirnblasenraumes, die unter dem Gewölbe nach beiden Seiten hin sich fortzieht. Diese Höhle ist unter dem Namen der großen Hirnhöhle bekannt. Die ganze Masse, welche über und zu den Seiten der Hirnhöhlen sich findet und mehr als zwei Drittel des gesammten Gehirnes ausmacht, ist Gewölbtheil des Vorderhirnes — der Stamm des Vorderhirnes bildet den Boden dieser Hirnhöhlen und in ihm zeigen sich zwei Paare von Anschwellungen, das vordere die gestreiften Körper, das hintere die Sehhügel genannt.

Tief versteckt unter den hinteren Lappen der großen Hemisphären finden sich zwei Paare kleiner, kaum haselnußgroßer Anschwellungen, welche die Vierhügel heißen. Ihr Inneres ist längs der Mittellinie von einem Kanal durchbohrt, welcher mit den großen Hirnhöhlen in direktem Zusammenhange steht und so die Vierhügel, diesen schwachen Rest des Mittelhirnes, in einen oberen Gewölbtheil und einen unteren Stammtheil trennt.

Im Hinterhirne endlich sind Stamm und Gewölb auf die auffallendste Weise getrennt. Der Gewölbtheil entwickelt sich als kleines Gehirn, welches im Hinterhaupte unter dem häutigen Zelte liegt, das die hinteren Lappen des großen Gehirnes trägt. Der Stammtheil wird von dem verlängerten Marke, der offenbaren Fortsetzung des Rückenmarkes, gebildet und an diesem selbst eine Menge einzelner Theile unterschieden, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. Der Kanal, welcher unter dem kleinen Gehirne und den Vierhügeln durchging, öffnet sich hinter denselben auf seiner oberen Fläche frei in einer länglichen Vertiefung, der Rautengrube.

Das Rückenmark zeigt in seiner ganzen Länge keine bedeutenden Veränderungen; noch weniger so mannichfach verschiedene Theile, wie das Gehirn. Es wird der Länge nach von einem feinen Mittelkanale durchzogen und besitzt auf seiner Rückenfläche,

wie auf seiner Bauchfläche eine Furche, welche von unten her bis auf den mittleren Kanal durchdringt.

Die weiche, fast breiartige Substanz des Gehirnes und die außerordentliche Veränderlichkeit seiner Elementartheile die schon unmittelbar nach dem Tode beginnt, hat lange der Erkenntniß seiner Struktur bedeutende Hindernisse in den Weg gelegt. Man wußte schon aus dem äußeren Anblicke, daß man eine weiße Masse unterscheiden konnte, welche deutlich gefaserten Bau besaß, und eine mehr oder minder grauröthlich gefärbte Substanz, die, in geringerer Menge vertheilt, keine solche gefaserte Struktur zeigte. Die graue Substanz zeigt sich in sehr verschiedenen Verhältnissen. Im Rückenmarke liegt sie in der Mitte rund um den Kanal herum, rings umgeben von weißer Substanz, eine Art Strang bildend, der vier ausgeschweifte Kanten hat, so daß ihr Durchschnitt als ein liegendes Kreuz erscheint; im Gehirne bildet sie einzelne, mehr oder minder scharf getrennte Kerne, die oft mit weißer Substanz mannichfach durchflochten sind. Außerdem ist noch die äußerste Oberfläche des Gehirnes von mehreren dünnen Lagen grauer Substanz gebildet, zwischen welche Blättchen weißer Substanz sich einschieben. Das wechselseitige Verhältniß der Elementartheile dieser verschiedenen Substanzen zu einander zu entwirren, ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, und wenn wir auch die Formen und Gestalten der weißen Fasern im frischen und veränderten Zustande und die Elemente der grauen Substanz kennen, so ist es doch jetzt noch unmöglich, bis in's Einzelne zu bestimmen, in welchen Beziehungen beide sowohl unter sich als auch mit den Nerven stehen. Die weiße Substanz, welche die Hauptmasse des Gehirnes bildet, besteht unzweifelhaft aus feinen dünnen röhrenartigen Fasern, die aus einer äußerst feinen Scheide und einem durchsichtigen hellen Inhalte gebildet sind, der fast fettartig aussieht, eine ziemliche Zähigkeit besitzt und in seinem Innern zuweilen etwas fester als in der Nähe der Scheide ist. Diese Röhren liegen meist in parallelen Bündeln, deren Verlauf man in den einzelnen Theilen des Gehirnes und Rückenmarkes nach vorgängiger Erhärtung verfolgen kann. Im Allgemeinen zeigt

sich diese Faserung in der Art, daß die Bündel der Länge des Hirnstammes nach verlaufen, in die Gewölbtheile nach oben hin ausstrahlen und auch an einigen Stellen in der Mittellinie, wie an dem Gewölbe und dem Balken des großen Gehirnes, an der Brücke des Hinterhirnes ꝛc. quer von einer Seite zur andern gehen.

Die graue Substanz besteht in ihrer größten Masse aus mehr oder minder runden, kugelförmigen Körpern, welche meist eine granulirte Substanz und ein kernartiges, inneres Bläschen enthalten. Diese runden oder ovalen Körper, die man Ganglienkugeln nennt, gehen fast immer in eine oder mehre schwanzförmige Verlängerungen aus, von welchen es jetzt wohl nachgewiesen seyn mag, daß sie unmittelbar mit den Primitivröhren der Nerven in Verbindung stehen und sich in diese fortsetzen. Es darf vielleicht jetzt als Erfahrungssatz aufgestellt werden, daß die Nerven des Körpers nicht, wie man früher glaubte, in den Fasern der weißen Substanz, sondern vielmehr in den Ablagerungen von grauer Substanz entstehen, die sich an bestimmten Stellen im Gehirne finden. Die Rückenmarksnerven entstehen dieser Ansicht zu Folge, aus dem Rohre von grauer Substanz, welches den centralen Kanal des Rückenmarkes umgibt; — die Hirnnerven entspringen in besonderen grauen Knoten oder Kernen, welche im Hirnstamme liegen. Für einzelne Hirnnerven sind schon solche Kerne nachgewiesen worden; für andere wird man sie finden, sobald die Untersuchungen der Anatomen mehr als bisher geschah, auf diesen Punkt gelenkt werden.

Wenn wir dem Gesagten zufolge, in dem Centralnervensysteme ein in sich abgeschlossenes Organ finden, das von besonderen Häuten und knöchernen Wänden umhüllt ist, die es vor Verletzung schützen, so sind dagegen die peripherischen Nerven überall durch den ganzen Körper verbreitet, gleich den Blutgefäßen durch fast alle Organe verzweigt und mit diesen in inniger Verbindung. Man begeht im gemeinen Leben noch oft den Fehler, die Nerven mit den Muskelfasern zu verwechseln — ein nerviger Arm und ähnliche Ausdrücke sind gäng und

gäbe, wenn man von einem stark gebauten, muskulösen Gliede sprechen will. Die Nervenstämme, selbst die dicksten welche wir besitzen, sind nicht so bedeutend, daß sie unter der Haut vorträten; — es sind dünne weiße, glänzende Stränge, welche meist von dem Centralnervensysteme her durch alle Theile des Körpers sich verbreiten, stets sich schwächend, indem sie Aeste abgeben und endlich in so dünne Zweiglein sich theilen, daß sie dem Auge sich entziehen.

Dem äußeren Ansehen nach kann man schon zweierlei Arten von Nerven im menschlichen Körper unterscheiden. Die einen haben die beschriebene atlasglänzende Weiße, eine gewisse Festigkeit und einen mehr gradlinigen Verlauf; — man kann sie von einem Theile ihres Stammes aus, einerseits bis zu dem Centralnervensysteme verfolgen, aus welchem sie mit gesonderten Wurzeln entspringen, während sie anderseits in dem Körper sich an die einzelnen Sinnesorgane, an die Muskeln und die Haut zertheilen. Man nennt diese Nerven, da sie evident aus dem Gehirne und Rückenmark entspringen, die Hirn- und Rückenmarknerven oder Cerebrospinalnerven. Dagegen findet man namentlich an den Eingeweiden und den Blutgefäßen röthlich graue, weiche, vielfach untereinander verflochtene Fasern, die keine deutlichen Stämme und Zweige bilden, mit röthlich weichen Knötchen, sogenannten Ganglien in Verbindung stehen und als deren Hauptsammelplatz ein knotiger Grenzstrang erscheint, welcher auf der vorderen Fläche des Rückgrates jederseits von oben nach unten verläuft und durch Verbindungsäste mit den meisten Hirn- und Rückenmarksnerven, nicht aber direkt mit den Centralorganen in Verbindung steht. Man nennt diese Nerven sympathische, organische oder Gangliennerven.

Jeder mit bloßen Augen oder unter der Loupe sichtbare Nervenast oder Stamm besteht aus einem Bündel feiner Röhren, welches in den Cerebrospinalnerven von einer deutlichen, mehr oder minder dicken festen Scheide umgeben ist. In dieser Scheide erst liegen die eigentlichen Primitivröhren der Nerven, welche frisch untersucht, glashell und durchsichtig, leicht geschlängelt

erscheinen, eine doppelte Contur zeigen und, wie sich bei genauerer Untersuchung zeigt, aus einer blassen Hülle und einem glashellen Inhalte bestehen, der im Centrum dicht, fast fest erscheint, in der Peripherie aber eine mehr gallertartige Consistenz hat. In den organischen Nerven finden sich außer diesen Primitivröhren noch andere, feinere, mit blasseren, einfachen Conturen, welche sich bis in die Ganglien verfolgen lassen und dort aus ähnlichen grauen Kugeln mit hellen Kernen entspringen, wie diejenigen sind, die man in der grauen Substanz des Gehirnes und Rückenmarkes antrifft. Die geschwänzten Körper der peripherischen Ganglien, welche sich in die dünnern Primitivröhren fortsetzen, unterscheiden sich von den Ganglienkugeln der grauen Substanz im Gehirne und Rückenmark nur durch eine stärkere äußere Scheide; sonst gleichen sie ihnen in allen Verhältnissen. Das organische Nervensystem bietet demnach gleichsam eine Repetition des Cerebrospinalsystemes; hier wie dort, finden sich eigenthümliche Körper, Ganglienkugeln, aus welchen die Primitivröhren entspringen und es herrscht nur der formelle Unterschied, daß bei dem einen Systeme die Ursprungsstellen durch den Körper zerstreut sind, während sie bei dem Cerebrospinalsysteme in ein einziges Organ zusammengefaßt und mit einander verbunden erscheinen.

Eine in physiologischer Hinsicht äußerst wichtige Frage ist die nach der Endigung der Nerven in den peripherischen Organen des Körpers. So lange die Anwendung des Mikroskopes noch eine äußerst beschränkte war, konnten nur Hypothesen über dies Verhalten der Nervenenden aufgestellt werden. Man sah die Nerven in stets feinere Zweige und Zweiglein sich theilen, mit den letzten erkennbaren Aestchen in das Gewebe der Organe, welchen sie bestimmt waren, eindringen, konnte aber nicht die einzelnen Primitivröhren bis zu ihrem Ende verfolgen, um sich zu überzeugen, ob sie stets von dem umgebenden Gewebe isolirt blieben oder aber mit demselben in ein untrennbares Ganze verschmelzen. Jetzt weiß man, daß eine jede Primitivröhre von ihrem Ursprunge an bis zu ihrem peripherischen Ende vollkommen

isolirt ist, daß sie mit keinem anderen Gewebe verschmilzt und daß sie eigentlich gar kein peripherisches Ende besitzt, sondern sich schlingenförmig umbiegt, um wieder nach dem Gehirne zurückzulaufen. Nimmt man also an, was allerdings noch nicht ganz fest steht, daß alle Cerebrospinalnerven aus Kugeln der grauen Substanz entspringen, so bildet eine jede Primitivröhre eine mehr oder minder lange Schleife, die am peripherischen Ende umgebogen ist und mit den beiden centralen Enden in Ganglienkugeln einmündet. Ich wüßte in der That keinen besseren Vergleich zur Anschaulichmachung einer solchen Bildung als die Sprungseile, deren sich Kinder bedienen bei ihren Spielen; — die beiden Handhaben würden durch die beiden centralen Ganglienkugeln, das Seil aber durch die Primitivröhre vorgestellt. Man hat solche schlingenartige peripherische Endigungen bis jetzt sowohl in den Muskeln, als auch in blos empfindenden Organen entdeckt und ist wohl zu dem Schlusse berechtigt, daß alle Primitivröhren der Nerven mit Schlingen endigen.

Es gibt in dem menschlichen Körper nur sehr wenige Nervenstämme, welche durchaus isolirt von dem Gehirne aus bis zu ihrem peripherischen Verbreitungsbezirke verlaufen; — die meisten verbinden sich durch sogenannte Anastomosen mit einander; viele auch verschmelzen mit andern zu einem gemeinschaftlichen Stamme, der sich nicht ohne Zerreißung zerlegen läßt. Es wäre indeß falsch, wenn man glauben wollte, daß solche Verbindungen und Verschmelzungen auf wirklichem Zusammengehen der Nerven beruhe; es sind diese Anastomosen im Gegentheile nur Brücken, mittelst deren Bündel von Primitivröhren aus einem Stamme in den andern übergehen, um auf der Bahn des anderen Nerven weiter zu verlaufen. Oft ist dieser Austausch wechselseitig und die übergehenden Primitivröhren kreuzen sich in der durch die Anastomose gebildeten Brücke; — oft aber verläßt auch nur ein Bündel von Primitivröhren den einen Nerven um zu dem anderen Stamme überzutreten, ohne daß Reciprocität vorhanden wäre. Es ist wohl denkbar, daß eine und dieselbe Primitivröhre auf diese Weise mehre Nervenstämme theilweise begleitet, um dann wieder auf

einen anderen Stamm überzuspringen; nichts destoweniger bleibt die Primitivröhre in ihrem ganzen Laufe isolirt.

Unter dem Namen der Nervenwurzeln bezeichnet man die Nervenbündel, welche an den Seiten des Gehirnes und Rückenmarkes hervortreten, um sich zu Stämmen zu vereinigen und nach den verschiedenen Körpertheilen zu begeben. So wie das Centralnervensystem, so zeigen auch die peripherischen Nerven eine durchaus symmetrische Anordnung; — alle Cerebrospinalnerven sind paarig im Körper vorhanden und haben einen durchaus paarigen Verlauf in beiden seitlichen Körperhälften. An dem Gehirne des Menschen und der meisten Wirbelthiere unterscheidet man 12 Paare von Nerven, während das Rückenmark 31 Nervenpaare liefert. Die ersten treten durch Löcher, welche sich in der Schädelbasis befinden, aus dem knöchernen Schädel hervor; die Rückenmarksnerven verlassen den Kanal mittelst eigener Löcher, welche sich zwischen je zwei Wirbeln finden. Jeder Rückenmarksnerve hat zwei Wurzeln, die deutlich von einander getrennt sind; beide Wurzeln entspringen an der Seitenfläche des Rückenmarkes; die vordere aber mehr gegen den Bauch, die hintere mehr gegen den Rücken hin. Man kann so durch Querschnitte das Rückenmark in ebensoviel Segmente theilen, als Nervenpaare entspringen; denn die beiden Wurzeln eines jeden Nerven entspringen in derselben Horizontallinie, wenn man das Rückenmark des stehenden Menschen betrachtet oder, wenn man das Rückenmark horizontal gelegt denkt, in derselben senkrechten Linie. Beide Wurzeln convergiren nach dem Austrittsloche hin; unmittelbar aber vor ihrer Vereinigung zeigt die hintere Wurzel eine knotenförmige graue Anschwellung, ein wahres Ganglion, in welchem auch wirkliche Ganglienkugeln liegen. Die Unterscheidung dieser beiden Wurzeln, der hinteren, mit einem Ganglion versehenen und der vorderen ganglienlosen Wurzel ist von der höchsten Bedeutung für die Physiologie, da, wie wir in der Folge sehen werden, beiden durchaus verschiedene Funktionen zukommen.

Die Nerven, welche vom Gehirne ihren Ursprung nehmen,

entstehen sämmtlich, ohne Ausnahme, in dem Hirnstamme auf der unteren Fläche des Gehirnes; die Gewölbtheile stehen durchaus in keinem Zusammenhange mit den 12 Paaren von Nerven, welche dem Schädeltheile des Centralnervensystemes entspringen. So weit bis jetzt die noch sehr unvollständigen Untersuchungen Aufschluß geben, so hat jedes Nervenpaar einen im Hirnstamme gelegenen Kern grauer Substanz, von welchem es seinen Ursprung nimmt und nachdem es die äußerlich umhüllende weiße Substanz des Gehirnes durchsetzt hat, erscheint es auf der Unterfläche desselben, um meist nach kurzem Laufe durch ein oder mehrere Löcher des knöchernen Schädels nach den peripherischen Organen vorzudringen. Man hat die verschiedenen Nervenpaare des Gehirnes von vorne nach hinten mit Nummern bezeichnet, welche ich hier nebst den ebenfalls gebräuchlichen, meist von der Funktion entnommenen Namen, anführen will.

Erstes	Paar	Riechnerve	Olfactorius
Zweites	„	Sehnerve	Opticus
Drittes	„	Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerve	Oculomotorius
Viertes	„	Pathetischer Nerve	Patheticus
Fünftes	„	Dreigetheilter Nerve . . .	Trigeminus
Sechstes	„	Abziehnerve des Auges . .	Abducens
Siebentes	„	Gesichtsnerve	Facialis
Achtes	„	Hörnerve	Acusticus
Neuntes	„	Zungen-Schlundkopfnerve .	Glossopharyngeus
Zehntes	„	Herumschweifender Nerve .	Vagus
Elftes	„	Beinerve	Accessorius
Zwölftes	„	Zungenfleischnerve	Hypoglossus.

Faßt man die Nerven hinsichtlich ihrer Verbreitung und der aus derselben schon hervorgehenden Funktion in das Auge, so ergeben sich mehrere bestimmte Klassen.

Der Mensch besitzt außer dem allgemeinen Tastsinne, der überall auf der Haut verbreitet und kaum als an ein besonderes Organ gebunden gedacht werden kann, vier eigenthümliche spezielle Organe für spezifische Sinnesempfindungen, die Nase für

den Geruch, das Auge für das Gesicht, das Ohr für das Gehör und die Zunge nebst den hinteren Theilen des Rachens für den Geschmack. Jede dieser spezifischen Sinnesempfindungen wird auch durch einen besonderen Nerven vermittelt, wir haben einen Riechnerven, Sehnerven, Hörnerven und Geschmacksnerven, der in dem neunten Paare, dem Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus gegeben ist.

Alle Sinnesnerven gehören dem Gehirne an.

Wir besitzen ferner eine zweite Klasse von Nerven, welche einzig und allein in Muskeln sich verbreiten, reine Muskelnerven, deren Wurzeln bei der Durchschneidung durchaus keinen Schmerz erzeugen und bei welchen diese Verletzung nur den Verlust der Bewegung zu Folge hat.

Es gehören hierher die drei Paare von Augenmuskelnerven, Oculomotorius, Patheticus und Abducens, der Facialis, welcher die Bewegungen des Antlitzes vermittelt, der Beinerve oder Accessorius, von welchem einige besondere Athembewegungen abhängen und endlich der Hypoglossus oder Muskelnerve der Zunge.

Die zwei übrigen Nervenpaare des Gehirnes, nämlich dreigetheilter und herumschweifender Nerve, so wie sämmtliche Nerven des Rückenmarkes ohne Ausnahme sind gemischte Nerven, indem sie sowohl Bewegung als Empfindung vermitteln, sich sowohl in bewegenden als empfindenden Organen verbreiten und somit stets ihre Verletzung gemischte Funktionsstörungen zur Folge hat.

Es würde hier zu weit führen, wenn man auf die Anordnung und Vertheilung jenes eigenthümlichen Nervensystemes eingehen wollte, das man unter dem Namen des sympathischen Nervensystemes bezeichnet, bei welchem jene Centralisation fehlt, mittelst deren das Gehirn und Rückenmark nebst seinen peripherischen Nerven einer mehr übersichtlichen Darstellung fähig ist. Es genüge hier zu bemerken, daß der Grenzstrang dieses Nervensystemes, welcher zu beiden Seiten der Wirbelsäule hart an den Knochen vom Kopfe bis zu dem Bauche sich fortzieht,

mit allen Rückenmarksnerven und den meisten Gehirnnerven durch Communikationsfäden in Verbindung steht; daß einzelne Ganglienhaufen bei den größeren Eingeweidegruppen sich finden, welche den dort verbreiteten organischen Nerven zum Sammelplatze dienen und daß die Nervenfäden selbst sich an allen Eingeweiden verbreiten, die größeren und selbst kleineren Blutgefäße des Körpers umspinnen, nie aber an Muskeln, die der Willkühr unterworfen sind, noch an tastenden Oberflächen sich verbreiten.

Es geht aus dieser kurzen Andeutung der anatomischen Verhältnisse des Nervensystemes hervor, daß es wie das Blutgefäßsystem, ein allgemein durch den Körper verbreitetes System ist, dessen einzelne Theile überall in bestimmter Beziehung zu einem Centralorgane stehen, von welchem der Impuls der verschiedenen Funktionen ausgeht. So wie die unendlich verzweigten Kanäle, welche dem Blutstrome angewiesen sind, alle vom Herzen ausgehen und zu dem Herzen zurückführen, so führen auch die verwickelten Netze der Nerven stets wieder zu dem Centralorgane ihres Systemes, zu Hirn und Rückenmark. Während aber das Blutsystem ein Sitz ewig kreisender Bewegung ist und seine Thätigkeit nur als Bewegung gedacht werden kann, so ist das Nervensystem im Gegentheile durch Bewegungslosigkeit ausgezeichnet. Wir finden hier keine arbeitende Pumpe, durch welche die Nervensäfte in stetem Umschwunge erhalten werden; keine Bewegung innerhalb der Kanäle, durch welche die Empfindung und der Willen fortgepflanzt werden und dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß die Fortleitung und Mittheilung im Nervensysteme weit schneller von Statten gehe, als im Blutsysteme.

Die Kenntniß über die Funktionen des Nervensystemes im Allgemeinen, so wie über die Eigenschaften der einzelnen Nerven insbesondere hängt fast einzig und allein von dem Experimente am lebenden Thiere oder von den Erfahrungen ab, welche Krankheiten oder Verletzungen am Menschen zeigen. Letztere Quelle aber fließt nur sehr spärlich und meist auch nur sehr trübe. Bei der unglücklichen Eigenschaft der Medizin jede

Frage, mit der sie sich beschäftigt, zu verwirren statt aufzuklären und für jede Ansicht eben so viel Beweise als Gegenbeweise anzuführen, wären wir noch immer im Dunkeln, wenn nicht die Vivisektion uns ihr Scalpell geliehen hätte. Die meisten Nervenstämme und Nervenwurzeln sind demselben zugänglich, sie können durchschnitten, zerstört, ihre Funktion vernichtet werden, und die Erscheinungen, welche nach einem solchen Eingriffe auftreten, geben Aufschluß über die Funktion des zerstörten Nerven. Wenn nach Durchschneidung eines gewissen Nervenstammes jedesmal bestimmte Muskeln gelähmt werden und ihren Dienst versagen, gewisse Hautstellen unempfindlich werden, so daß man sie zerfleischen, mit glühenden Eisen brennen kann, ohne daß die geringste Schmerzensäußerung auf solche Eingriffe erfolgt, so schließen wir natürlich aus dem Nichtvorhandenseyn der Empfindung, aus der Unmöglichkeit der Bewegung, die als Folge der Durchschneidung auftritt, daß die Funktion des durchschnittenen Nerven eben in Vermittelung der Empfindung und Bewegung bestehe. Wir dürfen offen sagen, daß wir nur da über die Funktion der Nerven etwas Bestimmtes wissen, wo uns das angeführte Mittel der Analyse zu Gebote steht; an den organischen Nerven hat es bis jetzt fehlgeschlagen, da die unendliche Vertheilung ihrer einzelnen Stämmchen, der Mangel an Centralisation ihrer Fäden sowohl als ihrer Ganglien bis jetzt unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt haben. Von den Funktionen der Centralorgane stehen nur diejenigen fest, welche ebenfalls durch Analyse der Erscheinungen sich ergeben, welche bei Thieren nach Abtragung einzelner Theile sich zeigen. Die größere Hälfte der Gehirnfunktionen, nämlich die Beziehung dieses Organes zu den Geistesthätigkeiten, liegt nur deßhalb noch im Dunkeln, weil eben es unmöglich ist, die Gedanken eines Thieres zu sehen und sich von den Veränderungen zu überzeugen, die nach Verletzung der Hirntheile in seinen Geistesthätigkeiten eintreten. Wir können auf die größere oder geringere Schmerzempfindung eines Thieres aus seinem Schreien, aus seinen abwehrenden Bewegungen schließen und auch annähernd daraus auf die Intensität

seiner Empfindungen; wir können die nach Verletzung eines Hirntheiles auftretende Lähmung, die nach Reizung erscheinenden Zuckungen einzelner Theile constatiren; — aber auch nicht mehr. Das Verhältniß der Hirntheile zu den Geistesfunktionen kann nie und nimmermehr auf anderem Wege ermittelt werden, als auf dem Wege der Beobachtung kranker Zustände und Verletzungen des Gehirnes; die Thätigkeit des organischen Nervensystemes konnte ebenfalls bis jetzt größten Theiles nur auf demselben Wege, welcher der Medizin anvertraut ist, gefunden werden — von beiden wissen wir thatsächlich so viel als — Nichts!!

Zehnter Brief.

Die Funktionen der Nerven.

Bricht man bei einem lebenden Thiere, am beſten bei einem jungen Hunde, wo die Knochen noch weich ſind, den Wirbelkanal in der Lendengegend auf, und legt auf dieſe Weiſe das Rückenmark in ſeinem unteren Theile blos, ſo zeigen ſich die doppelten vom Rückenmarke entſpringenden Wurzeln der verſchiedenen Nervenſtränge, welche zu den hinteren Extremitäten gehen. Die hinteren mit einem Ganglion verſehenen Wurzeln liegen frei und offen dem Blicke dar; hebt man dieſe Wurzeln auf, um in die Tiefe ſchauen zu können, ſo findet man in entſprechender Reihe die vorderen ganglienloſen Wurzeln. Beim Berühren, Kneipen oder Stechen der hinteren Wurzeln, bei ihrer Reizung mittelſt der beiden Poldrähte einer galvaniſchen Säule geben die Thiere die lebhafteſten Schmerzensäußerungen. Führt man nun ein feines Meſſerchen unter dieſen hinteren, mit Ganglien verſehenen Wurzeln durch und ſchneidet ſie ab, ſo ſchreien die Thiere im Momente der Durchſchneidung laut auf. Die durchſchnittenen Enden, welche nicht mehr mit dem Rückenmark in Verbindung ſtehen, kann man nun mißhandeln wie man will, es erfolgt keine Schmerzensäußerung; während die leiſeſte Berührung der noch an dem Rückenmarke hängenden Wurzelſtümpfe auch die vorherigen Schmerzensäußerungen hervorruft. Hat man nun die Vorſicht gehabt, die hinteren Wurzeln ſämmtlicher Nerven, welche in einen Fuß gehen, auf der einen Seite zu durchſchneiden, ſo iſt die Empfindlichkeit in dem ganzen Fuße durchaus aufgehoben. Man kann den Fuß, deſſen hintere

Nervenwurzeln durchschnitten sind, mit glühenden Eisen brennen, der Hund gibt nicht das geringste Zeichen von Schmerz, während unmittelbar vor der Durchschneidung schon ein Nadelstich ihn zum Schreien brachte.

Gänzliche Empfindungslosigkeit der Theile, zu welchen eine Nerve sich begibt, ist demnach unmittelbare Folge der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln eines Nerven.

Ganz andere Resultate zeigen sich bei Reizung und Durchschneidung der vorderen Wurzeln, welche kein Ganglion besitzen. Jede Reizung derselben ist unmittelbar von einer heftigen Contraktion derjenigen Muskeln gefolgt, in welchen sich der betreffende Nerve vertheilt. Bei jeder Schließung und Oeffnung einer galvanischen Kette, mit welcher man die vordere Wurzel in Verbindung setzt, entsteht eine Zuckung der Muskeln. Nach Durchschneidung der Wurzeln ist es dem Thiere unmöglich, den Fuß zu bewegen. Kneipt man es an dem gelähmten Fuße, so schreit es auf, sucht zu entfliehen, strengt sich an durch Bewegungen den Schmerz abzuwehren, allein alle Anstrengungen bleiben fruchtlos; die Muskeln sind unbeweglich, der Fuß vollkommen gelähmt. Kneipt man die Wurzelstümpfe, welche noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen, so erfolgt weder Schmerzensäußerung noch Reaktion in irgend einem Theile; reizt man hingegen die mit den Nerven zusammenhängenden Wurzeln, welche vom Rückenmarke getrennt sind, so erfolgen die Bewegungen und Muskelzuckungen ganz so, wie wenn sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen würden.

Gänzliche Lähmung der Bewegung befällt demnach diejenigen Glieder, an deren Nerven die vorderen ganglienlosen Rückenmarkswurzeln durchschnitten sind.

Die genannten Versuche gehören zu den grausamsten, welche man an Säugethieren anstellen kann; ihre Resultate sind aber auch so durchaus schlagend, daß nicht der mindeste Einspruch dagegen erhoben werden kann. An Fröschen sind sie leicht anzustellen und man trennt nicht selten hier an dem linken Fuße z. B. alle hinteren, an dem rechten alle vorderen Wurzeln, um

so die entgegengesetzten Phänomene an demselben Thiere auf verschiedenen Seiten zu sehen. Der rechte Fuß ist gelähmt, der Frosch kann ihn nicht mehr bewegen, er schleift ihn beim Kriechen nach, da ihm das Hüpfen unmöglich ist. Sticht oder kneipt man aber den gelähmten Fuß, so sucht der Frosch zu entrinnen und mit dem linken Fuße das Instrument, das ihm Schmerz verursacht, abzustreifen. Derselbe linke Fuß aber, der alle Bewegungen so vollkommen ausführt und so sichtlich dem Willen gehorcht, ist durchaus unempfindlich; man kann eine glühende Kohle auf ihn legen, ohne daß der Frosch nur daran denkt, den Fuß wegzuziehen.

Es beweisen diese Versuche auf das Schlagendste, daß die beiden Wurzeln eines Rückenmarksnerven durchaus verschiedene Funktionen haben, daß die eine, die hintere, die Empfindung, die vordere dagegen die Bewegung vermittelt, und daß diese Nervenwurzeln nur dann noch einer Funktion fähig sind, sobald sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen. Sobald dieser unmittelbare Zusammenhang auf irgend eine Weise, mittelst der Durchschneidung, ja selbst nur durch Zusammenschnüren oder Druck aufgehoben ist, so existirt die Funktion des Nerven für das Thier nicht mehr; Empfindung wie Bewegung sind ihm beide gleich unmöglich.

Durchaus die gleichen Erfahrungen macht man bei Durchschneidung der einzelnen Wurzeln der Hirnnerven. Diejenigen, welche wir als reine Muskelnerven bezeichneten, wie der Zungenfleischnerv, die Augenmuskelnerven u. s. w. sind unfähig, Schmerzensempfindung zu erregen, während unmittelbare Lähmung der von ihnen versorgten Muskeln die Folge der Verletzung ist. Das fünfte Paar verhält sich durchaus wie ein Rückenmarksnerve; seine große mit einem Ganglion versehene Wurzel ist außerordentlich empfindlich, seine kleinere Wurzel nur der Bewegung bestimmt.

Die Reizung und Durchschneidung der vier Sinnesnerven dagegen bewirkt durchaus verschiedene Erscheinungen. Die Durchschneidung des Sehnerven, welche auch beim Menschen zuweilen

vorgenommen wird, wenn es sich um Ausrottung eines krebsigen Auges handelt, ist nicht schmerzhaft, sie bewirkt keine Lähmung der Augenmuskeln, im Momente der Durchschneidung aber sieht der Operirte eine hell glänzende Lichterscheinung, ein Feuermeer, das plötzlich in dunkle Nacht versinkt. Thiere, deren Sehnerven man isolirt reizt oder durchschneidet, geben weder Schmerzensäußerungen, noch zeigen sich die Bewegungen des Auges verändert; wohl aber ist das Sehvermögen aufgehoben. Das Auge, dessen Sehnerve zerstört ist, empfindet kein Licht mehr, man kann eine brennende Kerze demselben nähern und mit dem Finger dagegen fahren, ohne daß die Augenlieder blinzeln, wie dies bei sehenden Augen geschieht. Man hat ziemlich häufig Fälle beobachtet, wo der Sehnerve beim Menschen krankhaft zerstört, durch Geschwülste zusammengedrückt war — stets zeigte sich unheilbare Blindheit als Symptom einer solchen Entartung. Ein gleiches zeigt sich bei den übrigen Sinnesnerven; nach Durchschneidung krankhafter Zerstörung oder bei angeborenem Mangel der Geruchsnerven fehlt die spezifische Empfindung der Nase; die unheilbare Taubheit der taubstummen Kinder namentlich beruht oft auf Entartung oder Mangel der Hörnerven; Durchschneidung des Zungenschlundkopfnerven hat den Verlust des Geschmackes zur Folge, ist aber an sich ebenfalls durchaus schmerzlos.

Wir können demnach unter den peripherischen Nervenfasern, **die vom Centralnervensysteme ausgehen, drei Klassen wesentlich verschiedener Funktionen unterscheiden. Die einen vermitteln die Empfindungen, welche auf das allgemeine Gefühl einwirken, ihre Reizung bedingt stets einen gewissen Schmerz, der je nach dem Grade der Reizung sich steigert, es sind dies die *sensiblen* oder *fühlenden* Nervenfasern.**

Die andern bedingen ebenfalls Empfindungen, die Richtung ihrer Thätigkeit geht ebenfalls von der Peripherie nach dem Centrum; allein es sind nur spezifische Empfindungen, durch besondere Apparate vermittelt, welchen sie zugänglich sind; man nennt sie die *sensuellen* oder *Sinnesnerven*.

Die dritte Klasse endlich bedingt die willkührlichen Bewegungen; sie vermitteln die Zusammenziehungen der Muskeln — es sind die motorischen oder bewegenden Nervenfasern.

Die sensibelen wie die sensuellen Nervenfasern stimmen hinsichtlich ihrer Funktion darin mit einander überein, daß sie Empfindungen jeglicher Art von außen dem Gehirne zuleiten; die Tastempfindung, Licht, Schall, Geruch und Geschmack werden an einem gewissen Körpertheile aufgenommen und dem Centralorgane zugeleitet. Die Richtung der Thätigkeit dieser Nerven geht deßhalb von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum. Anders verhält es sich mit den motorischen Nervenfasern. Diese nehmen keine Empfindungen auf; sie vermitteln aber die Leitung des Willens vom Gehirne aus zu den Muskeln; durch sie sind wir Herren unserer Bewegungen und befehlen gleichsam dieser oder jener Muskelfaser sich zusammenzuziehen und so eine bestimmte Bewegung auszuführen, die wir beabsichtigen. Die Thätigkeitsrichtung dieser Nervenfasern geht somit von Innen nach Außen; die Leitung in den bewegenden Nerven ist centrifugal, die in den empfindenden Nerven centripetal.

Die Resultate, welche aus den Versuchen über die Nervenwurzeln hervorgehen, erhalten sich für den ganzen Verlauf einer jeden einzelnen Primitivröhre. So wie eine jede derselben anatomisch vollkommen isolirt ist während ihres ganzen Verlaufes, so ist sie es auch in funktioneller Hinsicht. Nur diejenigen Primitivröhren, welche von einem Reize getroffen werden, reagiren darauf in der ihnen eigenthümlichen Weise, und die übrigen, welche neben ihnen in demselben Nervenbündel liegen, nehmen auf keine Weise an dieser Reaktion Antheil. Die Reaktion bleibt aber auch dieselbe, ob man nun die Primitivröhre an ihrem Austritte aus dem Rückenmark in der Wurzel, im Stamme oder in der Nähe ihres peripherischen Endes angreife, das Resultat bleibt dasselbe, die auf die Reizung erfolgende Reaktion des Nerven in seiner eigenthümlichen Weise durch Schmerz, Sinnesempfindung oder Bewegung findet auf der ganzen Länge des Verlaufes statt.

Jede Primitivröhre eines peripherischen Nerven bildet demnach ein in sich abgeschlossenes Organ, das in seinem ganzen Verlaufe gleichartigen Bau, gleichartige Funktion hat und durchaus für sich isolirt dasteht.

Aus dieser Isolirung einer jeden einzelnen Primitivröhre und der Gleichartigkeit ihrer Funktion während ihres ganzen peripherischen Verlaufes geht ein Gesetz hervor, dessen strenge Durchführung in der Nervenphysik von dem größten Einflusse ist und ohne dessen Hülfe es unmöglich wäre, in den meisten Fällen von Lähmungen, Schmerzensempfindungen und krankhaften Gefühlen aller Art sich eine genaue Vorstellung von dem eigentlichen Sitze des ursächlichen Leidens zu verschaffen. Jede Primitivfaser nämlich reagirt nur an der Stelle ihrer peripherischen Endigung; jeder Reiz, der sie auf irgend einer Stelle ihres Verlaufes trifft, wird von unserem Bewußtseyn auf die Endigungsstelle der Nervenfaser bezogen. Das Durchschneiden eines Nervenstammes, der fühlende Fasern enthält, ist schmerzhaft; allein der Schmerz, den man empfindet, wird nicht an der Stelle der Durchschneidung, sondern in denjenigen Theilen empfunden, an welchen sich der Nerve verbreitet. Ebenso zucken bei der Reizung eines motorischen Nervenstammes nur diejenigen Muskeln, in welchen sich die gereizten Primitivröhren verbreiten; in einem dicken Nervenstamme, wie dem Schenkelnerven, kann man so die Lage der einzelnen zu verschiedenen Muskeln gehenden Bündel schon innerhalb des Stammes durch partielle Reizung bestimmen und obgleich diese Nervenfasern zuweilen mehrere Muskeln auf ihrem Laufe durchsetzen, so bleiben diese dennoch bei der Reizung ruhig, während der weiter entfernt liegende Muskel, in welchem das Bündel seine peripherische Endigung hat, sich zusammenzieht.

Es ist dies Gesetz für die Beurtheilung der Schmerzen namentlich, welche in peripherischen Organen auftreten, von der höchsten Wichtigkeit. Jedermann weiß schon aus seiner eigenen Erfahrung, daß ein Stoß auf den Ellenbogen an dem Orte, wo der Stamm des Ellenbogennerven über den Knochen läuft, eine

äußerst schmerzhafte Empfindung in den äußeren Theilen der Hand, dem Ringfinger und kleinen Finger erregt, daß unleidliches Prickeln, Ameisenlaufen und ähnliche Erscheinungen in der Hand und dem Vorderarme einer solchen Verletzung folgen. Ist ja doch diese Erfahrung so häufig, daß man im gemeinen Leben diese Stelle mit dem Namen des „Hochzeitsknöchelchens" belegt! Es kann hier Jeder das Gesetz der peripherischen Reaktion der Nerven ohne weiteren Schaden durch das Experiment prüfen. In ungemein vielen ähnlichen Fällen überzeugt man sich von der durchgreifenden Gültigkeit dieses Gesetzes. Bei einer Amputation des Oberschenkels z. B. fühlt der Kranke den Schmerz des Hautschnittes genau an der richtigen Stelle; es werden hier die peripherischen Enden der Hautnerven durchschnitten. Im Momente aber, wo das Messer den Schenkelnerven trennt, glaubt der Verwundete einen heftigen Schmerz in den Zehen, dem Fuße, der Wade zu empfinden, und diese Empfindung ist so gewaltig, ihre Oertlichkeit so unmittelbar angegeben, daß sie über das Bewußtseyn des Kranken vollkommen obsiegt. Dieser, der sehr gut weiß, daß man ihm den Nerven des Oberschenkels durchschneidet und nicht den Fuß brennt, empfindet doch im Momente der Durchschneidung einen augenblicklichen Schmerz, wie wenn man ihm den Fuß mit einem glühenden Eisen durchstäche.

Von Seiten des Arztes gehört die größte Vorsicht dazu, um gehörig bestimmen zu können, wo die erregende Ursache eines Schmerzes zu finden sey, der in einem peripherischen Organe auftritt. Der Laie wundert sich oft, warum bei einem bestimmt umschriebenen Schmerze das scheinbar kranke Organ durchaus unberücksichtigt gelassen wird und die Wirkungen der Ableitungsmittel auf ganz andere Punkte gerichtet werden, die ihm vollkommen gesund erscheinen. Die medizinischen Annalen sind mit Beobachtungen von den grausamsten Behandlungsfehlern erfüllt, welche in der Nichtbeachtung dieses einfachen Gesetzes ihren Grund haben, und um zu beweisen, wie leicht der Irrthum und wie fruchtlos die Behandlung ist, die auf dies Gesetz nicht Acht hat, möge folgender, aus den Annalen der englischen Chirurgie

entnommener, Fall genügen. Ein junges Mädchen leidet an den heftigsten Schmerzen im Knie, die keiner örtlichen Behandlung weichen wollen. Das Knie selbst erscheint vollkommen gesund; der Nervenschmerz ist aber so heftig, daß nach einigen Jahren einer durch ihn verbitterten Existenz die Kranke flehentlich um Ablösung des Fußes bittet. Das Bein wird über dem Knie amputirt, aber durchaus ohne allen Erfolg, die Schmerzen wurden nach wie vor in dem jetzt entfernten Knie empfunden. Man amputirt den Schenkel zum zweiten Male höher oben — die Schmerzen bleiben. Die Kranke wird einer dritten Operation unterworfen, in welcher man den Oberschenkel aus der Pfanne des Hüftgelenkes ausschneidet — der Erfolg ist nicht glänzender. Die Gemarterte stirbt endlich und bei der Sektion zeigen sich einige knöcherne Plättchen in den Durchgangslöchern der Nerven, wodurch die Wurzeln derselben gereizt wurden. Hier war also der Reiz in der Nähe des Ursprunges der Nerven; seine Folge, der Schmerz, trat in dem peripherischen Verbreitungsbezirk des Nerven am Knie auf und alle örtliche Behandlung des schmerzenden Theiles, ja selbst seine Entfernung, konnte natürlicher Weise keinen Erfolg haben.

Aus dem hier angeführten Falle schon geht hervor, daß man sogar Schmerzen in Gliedern fühlen kann, welche verloren gegangen sind, eben weil die verstümmelten Nerven stets noch die Reize, von welchen sie betroffen werden, auf die ihnen fehlende peripherische Endigung übertragen. Aus diesem Gefühle geht dann die Erscheinung hervor, daß Amputirte, so lange sie leben, stets das Gefühl der Extremität haben, die ihnen fehlt und selbst 20 und 30 Jahre nach der Operation, nachdem sie sich längst an den Verlust des Gliedes gewöhnt haben, diejenigen Gefühle, welche den Stumpf betreffen, auf das verlorene Glied übertragen. Entzündungen, Verletzungen des Stumpfes werden in dem Fuße oder der Hand schmerzhaft empfunden, und selbst ganz gesunde Leute können trotz der handgreiflichen Ueberzeugung sich dieser Integrirung ihres fehlenden Gliedes nicht entschlagen und begehen in unbewachten Augenblicken Handlungen,

welche darauf hindeuten, daß sie sich noch im Besitze ihrer Extremität fühlen. Sie bedecken sorgfältig im Bette den Ort, wo der fehlende Fuß liegen würde; springen, plötzlich aufgeschreckt, in die Höhe, als könnten sie auf beide Beine sich stützen und fallen dann zur Erde nieder; greifen mit dem Stumpfe des Armes nach Gegenständen, als ob sie dieselben mit der fehlenden Hand fassen wollten und ähnliche Erscheinungen mehr. Wie sehr diese Integritätsgefühle der Amputirten in der Organisation der Nerven begründet sind, beweisen auch die Träume solcher Verstümmelten. Anfangs, in den ersten Jahren nach der Operation, träumen sich die Individuen durchaus gesund, unverletzt; Leute, welche das Bein verloren haben, gehen in ihren Träumen auf zwei gesunden Beinen einher. Allmählich aber mischt sich das Bewußtseyn der Verstümmelung in die Traumvorstellungen; der Mensch besitzt zwar seinen Arm, sein Bein noch, aber er kann sich ihrer nicht bedienen und schleppt das Glied als unnütze Last mit sich. Es mag wohl wenige Invaliden geben, die alt genug werden, um sich so verstümmelt zu träumen als sie wirklich sind; aber auch in diesem Falle, wo bei den subjektiven Vorstellungen die Erinnerung an ihr früher besessenes Gut verloren gegangen ist, selbst in diesen Fällen tritt bei objektiven Verletzungen des Stumpfes das Integritätsgefühl hervor und der Invalide, der sich auf Krücken träumte, fühlt bei Entzündung des Stumpfes Schmerzen in den peripherischen Theilen seines verstümmelten Gliedes.

Die neuere Chirurgie, welche sich theilweise zur Aufgabe gesetzt hat, verlorene Theile zu ersetzen, hat schon manche merkwürdige Resultate in Hinsicht der Lokalisation der Empfindungen geliefert. Verloren gegangene Nasen werden nach den neueren Operationsmethoden in der Weise ersetzt, daß man auf der Stirn ein dreieckiges Stück Haut ausschneidet, welches nur an der Nasenwurzel durch eine Brücke mit der übrigen Haut in Zusammenhang bleibt. Den auf diese Weise gebildeten Lappen dreht man um und heftet ihn an die wundgeschnittenen Ränder der zerstörten Nase an. Die neue Nase ist demnach aus der Stirnhaut gebildet

und fühlt sich als Stirnhaut so lange, als die Brücke noch besteht, welche man an der Nasenwurzel zu dem Endzwecke gelassen hatte, um die Ernährung des Lappens zu unterhalten. Diese Brücke wird durchschnitten, so bald der Lappen auf den Seiten angeheilt ist und seine Ernährung von der Wange aus geschehen kann. Unmittelbar nach dieser Durchschneidung ist der Lappen durchaus gefühllos; nach einiger Zeit aber stellt sich allmählich mehr und mehr die Empfindung wieder her und in den meisten Fällen fühlt sich der Lappen dann nicht mehr als Stirn, sondern eben als Nase. Es gibt indessen auch Fälle und man hat vergessen, auf diese Gewicht zu legen, in welchen die neue Nase stets ein mehr oder minder dumpfes Gefühl hat, wie wenn sie noch in der Stirn läge. Bei einem Operirten, dessen Brücke seit neun Wochen durchschnitten war, hatte sich dies Gefühl auf der einen Seite der neuen Nase sehr deutlich erhalten. Einige dort befindliche Erhabenheiten wurden mit Kantharidensalbe betupft und jedesmal klagte der Kranke über Schmerz, deutlichen Schmerz an derjenigen Stirnstelle, wo früher der betupfte Ort sich befand. Es werfen solche Fälle, deren sich in der Praxis des genialsten deutschen Chirurgen neuerer Zeit mehrere gezeigt haben, ein unerwartetes Licht auf die Lokalisation der Nervenempfindung, indem sie beweisen, daß diese nicht in dem Gehirne, sondern in der Endausbreitung der Primitivröhren begründet liegt. Der von der Stirn auf die Nase verpflanzte Hautlappen fühlt als Stirn, so lange seine Nervenverbindung mittelst der Brücke an der Nasenwurzel noch existirt; er ist gefühllos nach deren Durchschneidung, weil alle seine Nerven durchschnitten sind; bildet sich neues Nervengewebe in ihm, welches mit den Nervenstämmen der Wange in Verbindung tritt, so fühlen die neu gebildeten Endschlingen sich da, wo sie sich bildeten, d. h. in der Nase; erhalten sich aber diejenigen Endschlingen, welche dem Lappen seine Empfindung vermittelten, so lange er an der Stirne saß, und verwachsen diese wieder so, daß ihre Leitung hergestellt wird, so fühlen sie stets als wenn sie an ihrem alten Orte sich befänden. Wir werden in einem späteren Briefe auf diese Frage

zurückkommen; es genüge, hier darauf aufmerksam gemacht zu haben, daß die Lokalisation der Empfindung wohl nicht, wie man bisher gethan, im Gehirne, sondern in den Primitivröhren selbst gesucht werden müsse.

Aus den hier erwähnten Gesetzen der Isolirung jeder Primitivröhre und ihrer eigenthümlichen Reaktion an dem peripherischen Ende erklären sich alle Erscheinungen, welche die Nervenphysiologie darbietet, auf das Vollkommenste. Es würde hier zu weit führen, wenn ich auf die Funktion eines jeden einzelnen eingehen wollte; es erscheint aber nöthig, auf einzelne Nerven hier näher einzugehen, welche zu einigen bedeutenden Funktionen in enger Beziehung stehen. In physiologischer Hinsicht kann es am Ende gleichgültig seyn, ob die Nervenfasern, welche ein paar Muskeln des Fußes in Bewegung setzen oder das Gefühl eines Stückes Haut vermitteln, diesem oder jenem Nerven sich zugesellen; die Wirkung eines einzigen Rückenmarksnerven ist dieselbe in allen übrigen; — nur ist die Lokalisation dieser Wirkung verschieden. Sobald aber die Funktionen an Apparaten ausgeübt werden, welche auf die größeren Prozesse des Lebens, auf Athmung, Blutlauf, Ernährung eine bestimmte Beziehung haben, so ist die Wichtigkeit der damit beauftragten Nerven eine relativ weit größere und verdient deßhalb eine genauere Würdigung.

Eines der merkwürdigsten Nervenpaare hinsichtlich seiner Vertheilung im Körper ist das zehnte oder herumschweifende Paar. Es entspringt weit hinten an dem verlängerten Marke, mit einer Menge von Fasern, die großen Theils fühlend, und nur sehr wenig motorisch sind. Gleich nach seinem Ursprunge aber nimmt es den größten Theil der Fasern des rein motorischen elften Paares, des Beinerven auf und läuft nun an dem Halse zur Seite der großen Halsschlagader herab. Der äußere Gehörgang, ein Theil des weichen Gaumens, der Schlundkopf, Schlund und Magen, Kehlkopf, Luftröhre, Lungen und Herz werden nun von den Zweigen der so vereinigten Nerven versehen, und somit stehen auch die Funktionen der Ernährung und

Verdauung, der Athmung und des Kreislaufes, welche zum Theil an die genannten Organe gebunden sind, mit dem herumschweifenden Nerven in nächstem Zusammenhange. Durch seine Verbindung mit dem Beinerven ist der herumschweifende Nerv zugleich ein gemischter geworden und steht nun in wesentlicher Beziehung zu den Bewegungen sowohl als auch zu den Empfindungen.

Die Durchschneidung des herumschweifenden Nerven ist ungemein schmerzhaft; die Thiere schreien laut auf, sind aber hernach unempfindlich an den von ihm versorgten Theilen. Kitzeln des Kehlkopfes, der inneren Fläche der Luftröhre, was sonst Husten hervorbringt, hat keine Wirkung. Der Magen ist unempfindlich geworden; das Gefühl des Hungers oder der Sättigung ist verschwunden; die Thiere verlangen entweder keine Nahrung, oder, wenn ihnen dieselbe vorgestellt wird, so füllen sie sich bis zum Zerplatzen an. Weit auffallender sind indeß die Erscheinungen, welche von den Lähmungen der Bewegungen abhängen. Die wurmförmigen Bewegungen des Magens, wodurch der in demselben vorhandene Speisebrei mit dem Magensafte gleichsam durchknetet wird, hören auf; bei Thieren, die kurz vor der Operation gefressen haben, findet man den Klumpen der Nahrungsmittel außen, wo er die Magenwände berührt, erweicht, theilweise verdaut, das Innere des Klumpens aber unverändert, während bei einem gesunden Thiere die gesammte Masse gleichmäßig angegriffen ist. Die Bewegungen des Herzens werden zitternd, unregelmäßig und nehmen bedeutend an Zahl zu. So wie die Empfindungen des Kehlkopfes vernichtet sind nach Durchschneidung des herumschweifenden Nerven, so zeigen sich auch die für die Athmung so wichtigen Bewegungen des Kehlkopfes aufgehoben. Die Stimmbänder, welche die Stimmritze öffnen und schließen, fallen zusammen und werden bei der Einathmung durch den Druck der einströmenden Luft zugedrückt, wie die Klappen eines Ventiles; das Thier ist stimmlos, es sucht vergebens zu schreien; nur durch tiefe, heftige Einathmungen kann es etwas Luft durch die zugeklappte Stimmritze pressen;

allein die Athemnoth wird stets größer und größer, und wenn man nicht durch Eröffnung der Luftröhre unterhalb des Kehlkopfes der Luft Zutritt gestattet, so stirbt das Thier unausbleiblich an Erstickung. Allein auch in diesem Falle, wo das Thier länger am Leben bleibt, sinken die Athemzüge bedeutend an Zahl; sie sind tief und mühevoll und man bemerkt, daß die so veränderten Athembewegungen dem Respirationsbedürfniß nicht Genüge thun.

Wenn nun nach Durchschneidung beider herumschweifenden Nerven die Thiere apathisch werden, in großer Athemnoth sich befinden, die stets mehr und mehr zunimmt; wenn die nackten Theile der Haut, welche sonst röthlich gefärbt sind, bläulich werden und so Zeugniß ablegen von der unvollständigen Oxydation des Blutes; wenn endlich die Thiere unter Zunahme dieser Erscheinungen zu Grunde gehen, so sieht der vorurtheilsfreie Beobachter sogleich, daß hier nicht, wie man früher behauptete, ein direkter Einfluß des herumschweifenden Nerven auf die Ernährung und die Athmung, sondern nur ein indirekter besteht, indem die zur Integrität dieser Funktionen nöthigen Bewegungen gehemmt werden. Der Chemismus der Verdauung und der Respiration kann nicht von einem Nerven abhängen und es ist wirklich unbegreiflich, wie so viele und so tüchtige Beobachter auf den Gedanken kommen konnten, daß irgend welcher chemischer Vorgang in dem Organismus unter der bestimmten Herrschaft eines Nerven stehe. Es heißt dies den Begriff einer chemischen Wirkung durchaus falsch auffassen und diese unselige Verwirrung hat uns eine Menge schiefer Ansichten in die Physiologie gebracht, deren Vertilgung noch nicht gelungen ist. Trockenes Holz auf einen gewissen Temperaturgrad erhitzt, wird unter allen Umständen im Ofen verbrennen, sobald nur der Ofen Zug hat, das heißt, den Zutritt des Sauerstoffes gestattet; macht man die Ofenthüre zu, so wird das Holz nicht brennen. Es wird keinem Menschen einfallen, nun zu sagen, der Ofen verändere das chemische Verhältniß des Holzes zu der Luft und verhindere dadurch die Verbrennung. Ein solcher Schluß scheint bei einem alltäglich vorkommenden Verhältnisse absurd; — in der

Nervenphysiologie hielt man ihn für gerechtfertigt. Das Blut oxydirte sich nicht mehr nach der Durchschneidung der herumschweifenden Nerven, eben weil man dadurch die Ofenthüre oder vielmehr die Stimmritze schloß; man behauptete nichts desto weniger, der Nerv habe einen direkten Einfluß auf den Chemismus der Respiration. Wir werden später noch auf diese Phantasmen zurückkommen, die hier erwähnt werden mußten, wo man den schlagenden Gegenbeweis in der Hand hat; während auf dem Felde, wo sie am meisten ausgebeutet werden, nämlich bei dem Einflusse der organischen Nerven auf die Ernährung und den Stoffwandel, der experimentelle Boden zu ihrer Widerlegung fehlt.

Während sich in dem herumschweifenden Nerven ein Beispiel darbietet, wie die mannichfachsten Funktionen verschiedener Theile, Empfindung und Bewegung, in einen einzigen Stamm zusammen gefaßt werden können, so zeigt im Gegentheile der Nervenapparat der Zunge, des Gaumens und Schlundkopfes eine Zersplitterung der einzelnen Funktionen, die um so lehrreicher ist, als die Funktionen selbst in hohem Grade entwickelt sind. Die Zunge ist eines der beweglichsten Organe des Körpers, die Feinheit des Gefühles in der Zungenspitze namentlich ist größer als an allen übrigen Theilen; die hinteren Theile der Zunge endlich sind der Sitz einer spezifischen Empfindung, des Geschmackes, der auch im Rachen und dem Anfange des Schlundkopfes sich verbreitet zeigt. Jede dieser Funktionen ist an einen bestimmten Nerven gebunden; die Bewegung an den Zungenfleischnerv, den letzten der Gehirnnerven; die Empfindung an einen besonderen Ast des fünften Paares oder des dreigetheilten Nerven; die Geschmacksempfindung an das neunte Nervenpaar oder den Glossopharyngeus. Die Durchschneidung der Zungenfleischnerven lähmt alle Bewegungen der Zunge; diese hängt schlaff aus dem Munde hervor, kommt bei jeder Kaubewegung zwischen die Zähne und wird von diesen zerfleischt, ohne daß das Thier sie zurückziehen könnte; die Verwundungen der Zunge sind deßhalb nicht minder schmerzhaft für dasselbe; jeder Nadelstich erregt Schmerz und indem das Thier seine gelähmte Zunge zerbeißt, heult es laut auf vor Schmerz. Nach der Durchschneidung

der Zungenäste des fünften Paares ist vollständige Unempfindlichkeit eingetreten. Man kann das sonst so empfindliche Organ mit einer glühenden Nadel durchstoßen, ohne daß die Thiere es fühlen; die Nahrungsmittel, welche auf der Zunge liegen, bleiben unbemerkt. Die Bewegungen der Zunge sind in voller Integrität vorhanden, ebenso die Geschmacksempfindungen. Berührung der Zunge mit bitteren Substanzen rufen die heftigsten Bewegungen des Abscheus und Ekels hervor, und dasselbe Thier, dem man die Zunge zerfleischen kann ohne daß es Schmerz empfindet, duldet nicht die Berührung mit einem in bittere Coloquintentinktur getauchten Stäbchen. Die Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven endlich bedingt den Verlust des Geschmackes. Das Thier bewegt die Zunge nach wie vor, es empfindet mit derselben Schärfe jede mechanische Berührung, jeden chemischen Reiz; es frißt aber in bittere Substanzen getauchtes Fleisch, es säuft Coloquintentinktur, wie wenn man ihm reines Wasser vorgestellt hätte, während unmittelbar vor der Operation es den größten Abscheu davor zu erkennen gab.

Die verschiedenen Funktionen der Zunge, Bewegung, Gefühl und Sinnesempfindung (Geschmack) sind demnach an durchaus verschiedene Nervenstämme gewiesen, die auch in ihren Stämmen durchaus von einander isolirt sind.

Der so eben angeführten Schlußfolgerung ist von vielen Forschern namentlich aus dem Grunde widersprochen worden, weil der Zungenschlundkopfnerv sich nur in den hinteren Theilen der Zunge, des Rachens und des Gaumens verbreitet, während die Zungenspitze ebenfalls Geschmacksempfindung besitzt, und nur Nerven vom Zungenaste des fünften Paares enthält. Wir wollen schon zugeben, sagte man, daß der Zungenschlundkopfnerve gewisse Geschmacksarten, wie namentlich Bitterkeiten, unterscheidet, allein gewisse andere Empfindungen, sauer, salzig u. s. w. werden sicher von dem fünften Paare empfunden und dieses hat demnach ohne Zweifel sowohl allgemeines Gefühl, als auch Antheil an der Geschmacksempfindung. Die spezifische Sinnesempfindung ist demnach an der Zunge zwischen zwei verschiedene Nerven vertheilt.

Es hängt die Entscheidung dieser Frage mehr von theoretischen, als von thatsächlichen Gesichtspunkten und namentlich von der Art ab, wie man die Begriffe der Sinnesempfindungen überhaupt abgränzt. Wir haben oben eine Klasse von Primitivfasern als fühlende (sensible) abgeschieden, deren allgemeine Eigenschaft darin besteht, daß sie auf jede tiefer eingreifende Reizung durch Schmerz reagiren. Es wäre aber thöricht, wenn man behaupten wollte, diese sensible Nervenfasern seyen nun durchaus einander so gleich, daß abgesehen von der Lokalisation ihrer Thätigkeit, man keinen anderen Unterschied zwischen ihnen entdecken könnte. Das Wollustgefühl ist nicht gleich mit dem Tastgefühl der Finger; der dumpfe Schmerz, den Knochenverletzungen mit sich führen, der entmannende Schmerz, welcher Nervenwunden der Genitalien begleitet, sind nicht gleich mit dem Schmerze, den man im Zahne oder in der Wange leidet. Die Qualität der Reaktion ist mithin in jeder Nervenfaser eine eigenthümliche und die Qualität der Empfindung, welche sie besitzt, ist nicht minder eigenthümlich. Wir werden bei genauerer Betrachtung des Tastgefühles und der Sinnesempfindungen sehen, daß auch die Quantität der Reaktion wie der Empfindung wesentlich verschieden ist in den verschiedenen Primitivfasern, und daß somit ein weiter Spielraum für Modifikation der durch sie bedingten Erscheinungen übrig bleibt.

Halten wir nun an dem Grundsatze fest, nur diejenigen Nerven spezifische Sinnesnerven zu nennen, welche auf Verletzung nicht durch Schmerz, sondern durch eine andere spezifische Empfindung reagiren, so ist der Zungenast des fünften Nervenpaares unzweifelhaft kein Sinnesnerv. Seine Durchschneidung ist äußerst schmerzhaft; seine Lähmung, die man beim Menschen schon öfter beobachtet hat, bedingt nur Aufhebung des Gefühles, nicht aber die des Geschmackes. Die anerkannten Sinnesnerven aber sind nie schmerzhaft; man hat den Geruchsnerven, den Sehnerven, den Hörnerven unzählige Mal bei Thieren durchschnitten, ohne die mindeste Schmerzensäußerung zu sehen; man hat den Sehnerven häufig bei Ausrottung des Augapfels

durchschnitten und man weiß, daß die Operirten im Augenblicke der Durchschneidung ein Feuermeer zu sehen glaubten, aber keinen Schmerz empfanden; daß bei Reizung des Nervenstumpfes beim Verbande oder durch Entzündung Lichterscheinungen auftraten, aber keine Schmerzempfindung. Man hat noch nicht gehört, daß bei Reizungen des Zungenastes vom fünften Paare Geschmacksempfindungen als Reaktion verspürt worden wären.

Die Empfindungen des Sauren oder Salzigen an der Zungenspitze können indeß in der That nicht geläugnet werden, wenn man auch gerade die Erkenntniß dieser Geschmäcke zu hoch angeschlagen hat. Es ist wahrlich unmöglich mit geschlossenen Augen bei herausgestreckter Zungenspitze und Betupfen derselben mit Salz oder Zuckerlösung den Geschmack beider zu unterscheiden. Beide erregen eine gewisse Empfindung, die man nicht genau zu bezeichnen weiß, die auch in etwas verschieden ist, aber dennoch nicht so sehr verschieden sich zeigt, als es der Geschmack der genannten Körper ist. Bedenkt man nun, daß die Zungenspitze der empfindlichste Theil des menschlichen Körpers ist, so löst sich diese Erscheinung auf die befriedigendste Weise. Das Tastgefühl unserer Finger läßt uns sehr wohl unterscheiden, ob wir in Wasser oder in Oel greifen; Tasteindrücke, die für einen Ungeübten ununterscheidbar sind, werden von einem Geübten noch sehr wohl in ihrer Verschiedenheit aufgefaßt. Ein Blinder, welcher den fehlenden Sinn theilweise durch Uebung seines Tastsinnes zu ersetzen sucht, kann es unglaublich weit in dieser Verfeinerung seines Tastgefühles bringen. Die Zungenspitze verhält sich aber zu dem Finger, etwa wie der Finger des geübten Blinden zu demjenigen des ungeübten Sehenden. Wo unser Finger keinen Unterschied mehr tastet, da fühlt ihn die Zungenspitze noch heraus und was wir so als Geschmacksempfindung der Zungenspitze bezeichnen, ist nur eine verfeinerte Tastempfindung, die sich aber bald mit der Geschmacksempfindung mischt und deßhalb mit derselben zusammen geworfen wird. Bei anderen Sinnen ist man schon längst über diese unwillkührlichen Verwechslungen im Klaren; Jedermann legt dem flüchtigen Salmiakgeist z. B.

einen stechenden Geruch bei, während man bei genauerer Analyse findet, daß dieses Stechen nur eine Tastempfindung ist, bedingt durch die Anätzung der Schleimhaut mittelst des kaustischen Ammoniaks. Salzige, saure Substanzen, Lösungen von verschiedenem Concentrationsgrad, die einen endosmotischen Strom auf der Zunge erregen, bedingen eine eigenthümliche Tastempfindung, die dann mit der später erfolgenden Sinnesempfindung zusammengeworfen wird. Bei der Analyse der einzelnen Sinnesempfindungen wird es nöthig seyn, noch näher auf die hier berührten Punkte einzugehen.

Wir haben in den vorstehenden Zeilen die direkten Einflüsse und Reaktionen derjenigen Nerven untersucht, welche von den Centralorganen, Hirn und Rückenmark entspringen; es wird nicht unwichtig seyn, auch auf einige indirekte Folgen der Aufhebung des Nerveneinflusses einzugehen, welche theilweise mit andern Funktionen in Zusammenhang stehen.

Nach der Durchschneidung des fünften Nervenpaares, die man am besten mittelst eines eigenen Instrumentes bei Kaninchen in der Schädelhöhle vornimmt, zeigt sich die Empfindung des Antlitzes durchaus vernichtet. Das Auge, obgleich es sieht, und sich nach wie vor bewegt, ist durchaus unempfindlich gegen mechanische Reizung; man kann den Augapfel mit Nadeln stechen oder kratzen, ohne daß sich die geringste Schmerzensäußerung zeigt. Nach einiger Zeit beginnen nun Entzündungserscheinungen in dem Auge, die zuerst in der Hornhaut auftreten. Diese trübt sich mehr und mehr, die Bindehaut entzündet sich, das Auge schwillt an, wird roth, die Trübung der Hornhaut nimmt zu, sie wulstet sich auf, ein eiterndes Geschwür entsteht in ihrer Mitte, das endlich durchbricht und das Auge zerstört, indem meist die inneren Augentheile auslaufen. Aehnliche, wenn auch nicht so heftige krankhafte Erscheinungen zeigen sich in den übrigen, der Sensibilität beraubten Theilen. Die Nasenschleimhaut entzündet sich, wulstet sich auf; die Haare der Backe fallen aus; jede, selbst kleinere Verletzung bildet ein bösartiges, fressendes Geschwür, kurz der ganze Ernährungsprozeß der gelähmten Stellen scheint zu leiden.

Durchschneidet man bei einem Frosche den Hüftnerven und bringt dann den gelähmten Fuß unter das Mikroskop, so zeigt sich der Blutlauf durchaus ungestört. Nach einigen Tagen aber stockt derselbe in dem gelähmten Fuße, die Oberhaut stößt sich ab, parasitische Schimmelbildungen befallen das Glied. Uebt man dagegen den Fuß in der Art, daß man den durchschnittenen Nerven durch galvanische Ströme reizt und die Muskeln auf diese Weise häufig in Bewegung setzt, so bleiben die erwähnten Erscheinungen sehr lange Zeit aus.

Aehnliche Thatsachen hat man auch an gelähmten Gliedern bei Menschen beobachtet. Zuweilen ist die Durchschneidung ganzer Nervenstämme bei Ausrottung von Geschwülsten unvermeidlich; noch häufiger aber sind leider die Fälle, wo das Rückgrat gebrochen und das Rückenmark an der Bruchstelle zerquetscht wird, so daß die unteren Extremitäten in Empfindung und Bewegung gelähmt werden. Solche Unglückliche fühlen meist Kälte an den Extremitäten, wenn diese nicht sehr sorgfältig eingewickelt und künstlich gewärmt werden; die Haut wird borstig, schlaff, das bloße anhaltende Liegen auf einer und derselben Stelle bedingt schon, wie jede andere, noch so kleine Verletzung, bösartige, fressende Geschwüre, die fast nicht zum Heilen zu bringen sind — die ganze Konstitution der gelähmten Glieder hat nicht mehr die frühere Widerstandskraft gegen schädliche Einflüsse.

Es hält schwer, eine nähere Erläuterung dieser Erscheinungen zu geben, da sie eben mit dem noch so dunkelen Gebiete der Wirkungen des sympathischen Nervensystemes in einiger Beziehung stehen. Vermöge der eigenthümlichen Anordnung seiner Ganglien und Zweige ist dieses, wie schon oben bemerkt, der experimentellen Analyse weit mehr entzogen, als das Cerebrospinalsystem und deßhalb auch in seinen Eigenschaften weit weniger gekannt. Es ist unzweifelhaft, daß die Ganglien sowohl, als auch der Stamm des sympathischen Nerven Vermittler von Schmerzensempfindungen sind, obgleich dieselben weit dumpfer sind und weniger schnell eintreten, als bei Reizung der sensibeln Nervenfasern, die vom Gehirne und Rückenmarke ausgehen.

Die Bewegungen des Herzens, der Eingeweide werden lebhafter, schneller, heftiger nach der Reizung der größeren Ganglien oder der zu den Organen gehenden Zweige. Allein alle diese Reaktionen treten nicht blitzschnell in demselben Momente auf, wo der Reiz trifft, wie dies bei anderen Nerven geschieht, sondern langsam, oft erst geraume Zeit nach der Reizung und die Dauer der Reaktion ist weit länger und anhaltender. Ob indeß diese Erscheinungen den eigenthümlichen sympathischen Primitivröhren zugeschrieben werden können, oder ob sie den cerebrospinalen Primitivröhren angehören, die in dem sympathischen Nervensysteme überall mit eingeflochten erscheinen, ist eine andere Frage, deren Entscheidung uns vor der Hand unmöglich ist.

Die eigenthümliche Umspinnung der Blutgefäße durch Fäden des sympathischen Nervensystemes deutet gewiß auf einen näheren Zusammenhang desselben mit der Cirkulation hin. Daß dieser Zusammenhang nicht in einer direkten Wechselwirkung zwischen Blut und Nerveninhalt bestehen könne, braucht nicht weiter bewiesen zu werden; daß der Chemismus der Ernährung und Absonderung dadurch direkt nicht betheiligt werden könne, ist ebenfalls mehr als gewiß. Man hat diesen Einfluß auf die Absonderung durch Versuche erhärten wollen, die man an den Nierenarterien anstellte. Man schnitt einem lebenden Thiere den Bauch auf, drang bis zur Nierenarterie vor und schnürte diese mittelst einer angelegten Ligatur auf das heftigste zusammen. Man suchte auf diese Weise die organischen Nerven, welche die Nierengefäße umspinnen, zu tödten und nachdem man diesen Zweck erreicht zu haben glaubte, so löste man die Ligatur wieder, um den Blutlauf herzustellen. Andere Beobachter schnitten selbst die Arterie ganz durch und setzten eine Kanüle ein, durch welche der Blutlauf unterhalten wurde. Die Thiere überlebten die Operation nicht lange Zeit; man fand meist bei der Section die Capillaren der Nieren stark ausgedehnt, Blutstockung und selbst Erweichung im Nierengewebe; der nach der Operation gelassene Harn, wenn ja welcher noch in seltenen Fällen abgesondert wurde, war blutig und enthielt meistens Eiweiß und Hippursäure. Wenn

man weiß, wie außerordentlich leicht die Urinsekretion durch äußere Einflüsse modifizirt wird; wie schnell sie durch Veränderung der Nahrung eine andere chemische Zusammensetzung erhält und wie sehr sie deßhalb nach bedeutenden Verletzungen verändert seyn muß, wo das Thier gar nicht frißt und Wundfieber hat; wenn man sich ferner erinnert, daß eine mit aller Macht zugeschnürte Ligatur, welche stark genug angezogen wurde um die Nerven zu ertödten, auch die innere Haut der Arterie zerreißen und dadurch den Blutumlauf in derselben hindern mußte; wenn man endlich bedenkt, daß der operative Eingriff, welcher zur Anstellung des Versuches nöthig ist, stets so bedeutend war, daß er den Thieren in kurzer Zeit das Leben kostete; — wenn man all diese Umstände in Erwägung zieht, so erscheint es unbegreiflich, wie man auf solche Versuche den speziellen Schluß habe bauen können, die Nerven der Nierengefäße besäßen einen direkten Einfluß auf die Harnsekretion.

Es ist möglich, es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß die organischen Nerven auf die Ernährung, Absonderung und Aufsaugung einen *indirekten* Einfluß ausüben, indem sie auf den Zustand der Zusammenziehung und Ausdehnung der contraktilen Fasern, welche in allen Blutgefäßen und selbst den Capillaren sich finden, einen Einfluß äußern und somit dem zuströmenden Blute bald mehr, bald minder bedeutender Raum geöffnet wird; es ist wahrscheinlich, daß auch in den Ganglien der sensibeln Cerebrospinalnerven, deren Durchschneidung einen so markirten Einfluß auf die Ernährung einzelner Theile ausübt, wie zum Beispiel in dem Wurzelknoten des fünften Paares, solche organische Nervenfasern entspringen, welche die Contraktionszustände der Blutgefäße reguliren — die Thatsachen zur Begründung solcher Hypothesen aber fehlen uns noch vor der Hand und jede Berufung auf die Thätigkeit der organischen Nerven, um irgend eine Erscheinung in der Pathologie oder Physiologie zu erklären, ist nur eine, oft preciöse Verhüllung des Geständnisses der Unvollkommenheit unserer Kenntnisse in diesem Felde.

Eilfter Brief.

Die Centraltheile des Nervensystemes.

Die Funktionen des Gehirnes und Rückenmarkes können unter zwei besondere Kategorien vertheilt werden. Eines Theils sind diese Organe der Sammelplatz sämmtlicher Primitivröhren, welche durch die einzelnen Nervenstämme in den Körper ausstrahlen; andern Theils aber zeigt schon die anatomische Betrachtung, daß noch andere Elemente zu diesen Primitivröhren der Nerven kommen, welchen verschiedene Funktionen zustehen müssen. Es gibt so Eigenschaften und Funktionen, welche dem Centralnervensystem als Sammelplatz der Sinnesnerven, der bewegenden und fühlenden Nervenfasern angehören — es gibt eine andere Klasse von Funktionen, welche in nicht so unmittelbarer Beziehung zu den Nerven stehen.

Eine jede Verletzung des Rückenmarkes, welche durchgreift, so daß die Continuität desselben gänzlich aufgehoben ist, hat auch eine vollkommene Vernichtung der willkührlichen Bewegungen und der Empfindungen in denjenigen Theilen zu Folge, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Verletzungsstelle abgehen. Ein Bruch der Wirbelsäule in der Mitte des Rückens z. B., bei welchem das Rückenmark gänzlich verquetscht ist, läßt sich leicht an der vollständigen Empfindungs- und Bewegungslosigkeit der Beine erkennen, von deren Existenz selbst der Verwundete kein Bewußtseyn mehr hat, während die Arme, der obere Theil der Brust, deren Nerven oberhalb der Bruchstelle abgehen, durchaus ebenso empfindlich und beweglich geblieben sind, als sie vorher waren. In dieser Beziehung ist

das Rückenmark demnach nur ein großer Nervenstamm, der alle sensibeln und bewegenden Primitivröhren in sich vereinigt, und die Erfahrung zeigt sogar, daß in seinem Inneren die einzelnen Röhren noch eben so isolirt sind, hinsichtlich ihrer bewegenden oder fühlenden Funktion, als in den Nerven selbst. Schneidet man nämlich das Rückenmark durch, so zeigt sich eine eigenthümliche anatomische Struktur desselben. Die weiße Substanz bildet die äußeren Rindenschichten; während die graue Substanz in der Mitte aufgehäuft ist und nach oben wie unten zwei Schenkel aussendet, so daß ein solcher Durchschnitt die graue Substanz etwa wie ein liegendes Kreuz erscheinen läßt. Ein senkrechter Spalt dringt von dem Rücken her in die Mittellinie ein zwischen die beiden oberen Schenkel des liegenden Kreuzes und theilt auf diese Weise die an der Rückenseite aufgehäufte weiße Masse in zwei Hälften; ein ähnlicher Spalt findet sich auf der Bauchfläche des Rückenmarkes zwischen den beiden unteren Schenkeln der grauen Substanz. So ist der Zusammenhang zwischen der weißen Substanz beider Seiten, links und rechts, fast gänzlich durch diese Spalten aufgehoben und es ist beinahe nur die graue, im Centrum angehäufte Substanz, welche den Zusammenhang der beiden seitlichen Hälften des Rückenmarkes vermittelt.

Betrachtet man nun das Verhältniß der austretenden Nervenwurzeln zu diesen Abtheilungen des Rückenmarkes, welche sich der ganzen Länge nach fortsetzen, so erkennt man, daß die vorderen Wurzeln mit den vorderen Schenkeln der grauen Substanz, die hinteren mit einem Ganglion versehenen, mit den hinteren Schenkeln des grauen Kreuzes zusammenhängen, daß sie aber diese erst erreichen, nachdem sie in schiefer Richtung die weiße Substanz, welche überall die äußere ist, durchsetzt haben. Man kann demnach eben so wohl wie man vordere und hintere Nervenwurzeln unterscheidet, auch in dem Rückenmark nach einer durch seine Axe gelegten Vertikalebene (wenn man den Menschen aufrecht stehend sich denkt) eine vordere und hintere Hälfte unterscheiden und man findet dann leicht durch sorgfältige Experimente, daß dieselbe funktionelle Trennung, welche in den Nervenwurzeln

sich zeigt, auch in die entsprechenden Hälften des Rückenmarkes sich fortpflanzt, und daß die vordere oder Bauchhälfte desselben durchaus nur motorisch, die hintere oder Rückenhälfte nur empfindend ist. Ich habe die auf diesen Satz bezüglichen Experimente sehr häufig anstellen und wiederholen sehen und ich kann wahrlich sagen, daß kein Satz in der ganzen Nervenphysiologie mir klarer durch Thatsachen bewiesen scheint, als gerade dieser. Man sticht ein spitzes, dünnes zweischneidiges Messerchen, es genau horizontal haltend, quer durch das blosgelegte Rückenmark eines Hundes, der auf dem Bauche liegt; bewegt man nun das Messer nach unten, die dort befindliche vordere Rückenmarkshälfte durchschneidend, so treten successive Zuckungen und nach gänzlicher Durchschneidung des Rückenmarkes, vollständige Bewegungslosigkeit der hinteren Extremitäten ein, ohne daß der Hund das geringste Zeichen von Schmerz gäbe. Kneipt man die Extremität nach vollendeter Durchschneidung der vorderen Rückenmarkshälfte, so schreit der Hund auf und gibt eben so lebhafte Schmerzensäußerungen als vor der Durchschneidung.

Hebt man dagegen das Messerchen, statt es zu senken und schneidet man die obere Rückenmarkshälfte von innen aus nach oben gegen den Rücken hin allmählich durch, so gibt das Thier anfangs, wenn man noch kaum über die Mittellinie gekommen ist, keine Schmerzensäußerung. Sobald aber das Messer in der Höhe ankommt, wo die beiden schiefen Schenkel von der grauen Centralmasse abgehen, so schreit das Thier erbärmlich und hört nicht eher auf, als bis die ganze hintere Hälfte des Markes vollständig getrennt ist. Bei einiger Aufmerksamkeit auf den Zug und die Haltung des Messers bemerkt man sogar, daß die weiße Substanz, welche die oberen grauen Schenkel umhüllt, fast gänzlich unempfindlich ist, und daß die lebhaften Schmerzensäußerungen erst dann beginnen, wenn das Messer in den grauen Schenkel selbst eindringt. Bei schiefer Richtung des Messers kann man auf diese Weise sämmtliche, unterhalb der beiden hinteren, dem Rücken zugewandten Schenkel der grauen Substanz gelegene Masse durchschneiden, ohne daß Schmerzensäußerungen sich zeigen.

Je weiter nach oben man das Rückenmark zerstört und seinen Zusammenhang mit dem Gehirn aufhebt, desto mehr Theile des Körpers werden gelähmt und desto störender für die nothwendigen Funktionen des Körpers werden diese Lähmungen, da die Muskeln des Stammes, des Bauches sowohl als noch mehr die der Brust, einen wesentlichen Antheil an den Respirationsbewegungen haben. Wird das Rückenmark endlich in der Nähe des verlängerten Markes, an der oberen Gränze der Halsnerven durchschnitten, so sind alle Brustmuskeln, das Zwerchfell und der größte Theil der Halsmuskeln gelähmt. Trotz dieser Lähmung aber dauert das Spiel der Athemzüge noch fort in den oberen Theilen des Halses und im Gesichte. Die Nasenlöcher werden abwechselnd weit geöffnet und geschlossen; die Kiefer klappen zusammen in regelmäßigen Intervallen, das Thier schnappt förmlich nach Luft, etwa wie wenn ihm der untere Theil der Luftröhre zugeschnürt wäre. Man hat Beispiele an Gehängten beobachtet und ich selbst bin Zeuge gewesen, daß ein Selbstmörder, statt die Luftröhre sich zuzuschnüren, die Schlinge nur an dem Kinne angelegt hatte, so daß er beim Herabspringen vom Stuhle, auf den er sich gestellt, das Kinn sich gewaltsam in die Höhe zog und den Nacken einknickte. Die Wirbelsäule war auf diese Weise zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel verrenkt und das Rückenmark dort zerquetscht worden. Der Kopf des Unglücklichen lebte und athmete noch mehrere Stunden fort und die Anstrengungen, die er machte, zeigten, daß das Athembedürfniß noch vorhanden war, aber durch ein unübersteigliches Hinderniß nicht befriedigt werden konnte.

Die Herzbewegungen nehmen in gleichem Maße an Intensität und an Zahl ab, wie die Athembewegungen durch das Zerstören des Rückenmarks schwächer und unvollständiger werden. Bei dem engen Zusammenhange, in welchem Herzschlag und Athmung zu einander stehen, kann dies Verhältniß nicht befremden. Daß die Verlangsamung des Herzschlages in der That großen Theils von dieser Connexion herrühre, beweist der Umstand, daß bei Einleitung der künstlichen Respiration mittelst

eines doppelten Blasebalges der Herzschlag wieder bedeutend sich hebt und sehr lange noch erhalten werden kann. Es scheint indeß, als ob diese Verlangsamung des Herzschlages nicht einzig von derjenigen der Athmung abhinge. Denn beim Reizen des blosgelegten Rückenmarkes erhält man zuweilen eine Beschleunigung des Herzschlages, ohne daß dieselbe mit dem Athmen zusammenhinge und es scheint demnach, als ob das Rückenmark auch einigen, wenn auch unbedeutenden direkten Einfluß auf das Herz habe. Jedenfalls ist dieser Einfluß bei den höher stehenden Thieren bedeutender, als z. B. bei Fröschen, welche man nach vollständiger Zerstörung des Rückenmarkes Monate lang am Leben erhalten kann, während welcher Zeit der Blutlauf und der Herzschlag durchaus unverändert bleiben.

An dem verlängerten Marke finden sich dieselben Erscheinungen wieder, wie an dem Rückenmarke, allein außerdem findet sich hier eine nicht sehr umfangreiche Stelle, von deren Erhaltung das Athembedürfniß und mithin das Leben des Thieres abhängt. Wir haben eben gesehen, daß ersteres vollständig bestehen bleibt, wie hoch oben man auch das Rückenmark am Halse zerstören möge; es ist nicht minder leicht nachzuweisen, daß die Abtragung sämmtlicher Hirntheile, welche vor dieser Stelle liegen, nur einzelne Theile am Kopfe lähmt, die an der Respiration Antheil nehmen, während die Athembewegungen des Halses und Rumpfes ungestört fortdauern. Man kann so durch schrittweises Abtragen der Centralorgane von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn bis zu einem kleinen Punkte vorrücken, welcher die Bedingung des Athmens in sich trägt. Führt man einen Schnitt quer durch das verlängerte Mark so, daß dieser Punkt mit dem Rückenmarke zusammenhängt, so spielen die respiratorischen Muskeln des Stammes; im entgegengesetzten Falle diejenigen des Kopfes. Die Zerstörung dieses kleinen Punktes, der bei Kaninchen z. B. eine Länge von höchstens drei Linien besitzt, hat, so wie bei keinem andern Theile des Centralnervensystemes, den unmittelbaren Tod zur Folge. Das Thier stürzt wie vom Blitze getroffen zusammen, und keine Spur von Athembewegung

mehr zeigt sich. Es ist dieser Punkt, den man zu erreichen sucht, wenn man einem Thiere den Genickfang gibt.

Es hält schwer, bei den so schnellen tödtlichen Wirkungen einer Verletzung des verlängerten Markes, die Beziehung desselben zu den empfindenden und bewegenden Nervenfasern zu bestimmen; es scheint indeß als ob auch hier die vorderen Stränge hauptsächlich der Bewegung bestimmt und die hinteren vorzugsweise empfindlich seyen. Ein anatomisches Verhältniß des vorderen Theiles des verlängerten Markes verdient indessen noch eine besondere Erwähnung. Die Fasern der weißen Substanz kreuzen sich nämlich hier in der Art, daß diejenigen Primitivröhren, welche im Rückenmarke und dem verlängerten Marke auf der linken Seite verliefen, nun nach rechts hinübergehen, während die von der rechten Seite nach links überschlagen. Aus dieser Kreuzung der Nervenfasern folgt dann das merkwürdige Verhältniß, daß Verletzungen des Gehirnes, wobei empfindende oder bewegende Fasern zerstört werden, stets von Lähmungen der entgegengesetzten Seite im Körper gefolgt werden, während wie natürlich die Lähmungen in denjenigen Theilen, deren Nerven direkt vom Gehirne ausgehen, auf der Seite der Verletzung auftreten. Man hat nicht so ganz selten Gelegenheit, Menschen zu beobachten, bei welchen die linke Gesichtshälfte gelähmt ist, so daß das linke Augenlied nicht gehoben werden kann, der Mund nach rechts verzogen wird und wo zugleich der rechte Arm und der rechte Fuß bewegungslos und dem Einflusse des Willens entzogen sind. Solche Erscheinungen beweisen Aufhebung der Thätigkeit des Antlitznerven der linken Seite, Lähmung der Körpernerven auf der rechten Seite — sie führen dadurch auf die nothwendige Folge, daß eine Verletzung des Gehirnes auf der linken Seite vorhanden ist, welche, vermöge der im verlängerten Marke stattfindenden Kreuzung, die rechte Körperseite gelähmt hat. Diese Kreuzung ist, wie man sich leicht denken kann, von der größten Wichtigkeit für den Arzt, da er ohne ihre specielle Kenntniß stets den Sitz einer im Gehirne sich entwickelnden Krankheit verkennen würde. Blutansammlungen in

Folge von Schlagflüssen, Eiterbälge, Geschwülste im Gehirne verrathen ihren Sitz meist nur durch solche gekreuzte Lähmungen, und wenn auch in den meisten Fällen die örtliche Behandlung nur wenigen Einfluß üben kann, so gibt es dennoch einzelne Krankheiten, in welchen es von der höchsten Wichtigkeit für das Leben des Kranken seyn muß, den genaueren Sitz des Uebels zu erkennen. Gar oft können oberflächliche Eiter oder Blutansammlungen, welche das Gehirn zusammendrücken, durch die Trepanation entleert und dadurch der Kranke oder Verwundete geheilt werden.

Die verschiedenen Theile des Gehirnes zeigen sich in ihrem Verhalten zu den Empfindungen und Bewegungen sehr verschieden. Ehe noch die Versuche an lebenden Thieren über diese Verhältnisse aufgeklärt hatten, war es den älteren Chirurgen schon aufgefallen, daß man bei durchdringenden Kopfwunden, wo die Hemisphären des großen Gehirnes blosgelegt waren, letzteres berühren, ja sogar Stücke davon wegnehmen konnte, ohne daß der geringste Schmerz empfunden wurde. Man konnte diese Erscheinungen nicht durch die öfter eintretende Besinnungslosigkeit erklären, da viele Verwundete das Bewußtseyn gar nicht verloren und recht gut empfanden, wenn man die Haut ihres Kopfes berührte, während die Verletzung oder Reizung ihres großen Gehirnes durchaus nicht zu dem Bewußtseyn gelangte. Die Experimentalphysiologie hat diese Beziehungen in so weit aufgeklärt, daß wir ziemlich bestimmt von den gröberen anatomischen Theilen angeben können, welche derselben unempfindlich, welche dagegen empfindlich sind; und es stellt sich hier als allgemeines Gesetz heraus, daß der Hirnstamm in seinem ganzen Verlaufe empfindlich, sämmtliche Gewölbtheile aber unempfindlich sind. Die Hemisphären des großen Gehirnes, die sämmtlichen über den großen Hirnhöhlen gelegenen Theile, die Gewölbtheile der Vierhügel über dem Kanale derselben, die Gewölbtheile des kleinen Gehirnes erscheinen alle durchaus unempfindlich; man kann sie bei lebenden Thieren, deren Schädel man geöffnet hat, auf die grausamste Weise zerfleischen, ohne die geringste Schmerzensäußerung hervorzurufen. Dagegen sind

die zum Hirnstamme gehörigen Ausstrahlungen, welche nach dem kleinen Gehirne, den Vierhügeln und dem großen Gehirne gehen und die man mit dem allgemeinen Namen der Hirnschenkel belegt, die Sehhügel und die hinteren Theile der gestreiften Körper, die einzelnen grauen Knoten, die man in dem hinteren Theile des Hirnstammes findet, alle im höchsten Grade empfindlich und die Thiere stoßen bei ihrer Berührung die jämmerlichsten Schreie aus.

Es bestätigen diese, von allen Forschern in übereinstimmender Weise gewonnenen Resultate, die anatomische Annahme, daß die einzelnen Primitivröhren der peripherischen Nerven aus den grauen Knoten des Hirnstammes entspringen, und daß die Nervenmasse, welche die Gewölbtheile bildet, in keinem direkten Zusammenhange mit den peripherischen Nerven steht. Wir haben in dem vorigen Briefe gesehen, daß der allgemeine Charakter aller Nervenprimitivröhren darin besteht, daß ihre Funktion in ihrem ganzen Verlaufe gleichartig ist; wollte man annehmen, daß die sensibeln Primitivröhren bis in die Gewölbtheile des Gehirnes gelangen, so wäre damit auch nothwendig der Schluß gesetzt, daß sie dort ihre Funktion ändern und einen andern Charakter annehmen müssen. Man könnte nicht behaupten, daß diese Funktion mit dem Eintreten der Primitivröhren in das centrale Nervensystem geändert werde, denn das Experiment weist nach, daß im ganzen Rückenmarke, im ganzen Hirnstamme eine solche Veränderung ihrer Funktion nicht existirt, sondern daß diese im Gegentheil wohl erhalten bleibt; diese Veränderung der Funktion müßte erst bei dem Eintritte in die Gewölbtheile entstehen. Eine solche Annahme hat nicht nur keinen vernünftigen Grund für sich, sondern auch das Ergebniß der anatomischen Untersuchung gegen sich, wonach die Wurzelfasern der peripherischen Nerven sich nicht weiter als bis in die grauen Kerne des Hirnstammes verfolgen lassen.

Die Resultate der Versuche hinsichtlich der Bewegung sind nicht so genau und überzeugend, als diejenigen, welche sich auf die Sensibilität beziehen. Es sind hier zwei Reihen von That-

sachen wohl zu unterscheiden, welche man wohl mit den Namen der direkten und indirekten Lähmung bezeichnen könnte. Während die Beobachter einzig nur der letzteren ihre Aufmerksamkeit zuneigten, vernachlässigten sie die Erscheinungen der ersteren durchaus. Ich will mich deutlicher ausdrücken. Wenn man eine motorische Primitivröhre reizt, so ziehen sich diejenigen Muskeln zusammen, zu welchen sie sich begibt. Reizt man einen Theil des Rückenmarkes, den man isolirt hat, um den später zu besprechenden mitgetheilten Bewegungen zu entgehen, so bewegen sich die Muskeln, zu welchen die gereizten Nervenfasern gehen. Zerstört man die Nervenfasern, so hört die Bewegung auf. Dies ist eine direkte Reizung, eine direkte Lähmung, bedingt gleichsam durch Zerstörung der Brücke, auf welcher die Reaktion gegen den Reiz fortschreiten muß.

Das Centralnervensystem besitzt aber, wie wir im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen werden, besondere Eigenschaften, wodurch die Nervenkraft erhalten, die Empfindungen dem Bewußtseyn zugeführt, die Bewegungen dem Willen unterworfen werden. Werden die Theile, welchen diese Eigenschaften zukommen, verletzt, so hören auch die Funktionen auf. Werden diejenigen Theile verletzt, welche dem Bewegungswillen (wenn es erlaubt ist, sich so auszudrücken) und der Ueberleitung des Willens zu den bewegenden Primitivröhren vorstehen, so können die Bewegungen zwar noch durch direkte Reize hervorgerufen werden, nicht aber mehr durch den Willen des Individuums, für welches diese indirekte Lähmung eben so vollkommen ist, als diejenige, welche durch direkte Zerstörung der bewegenden Nervenprimitivröhren hervorgebracht ist. Der Einfluß der Centraltheile des Nervensystemes nach diesen zwei Richtungen hin, die man meist zusammenwarf, ist noch nicht gehörig ermittelt; man weiß nur, daß die Reizung der Gewölbtheile keine Zuckungen, weder im Körper noch in den Kopfmuskeln erregt, daß mithin keine direkt bewegende Primitivröhre in diese Gewölbtheile eintritt. Daß bei Reizung der hinteren Theile des Hirnstammes convulsivische Zuckungen in einzelnen Muskeln des Körpers bedingt werden, ist

sicher gestellt; wie weit nach vorn aber direkt bewegende Primitivröhren im Hirnstamme sich nachweisen lassen, werden spätere Experimentatoren erst lehren.

Als allgemeines Resultat läßt sich demnach behaupten, daß keine Primitivröhre eines peripherischen Nerven weiter als bis in den Hirnstamm vordringe, daß mithin alle Funktionen der peripherischen Nerven nur im Rückenmarke und im Hirnstamme concentrirt seyen. Nichts desto weniger sehen wir täglich Lähmungen der Gliedmaßen, bedingt durch Krankheitsprocesse, welche in Gehirntheilen ihren Sitz haben, deren Reizung keinen Schmerz, keine Bewegung bedingt. Weit entfernt, diese Erscheinungen aus indirekter Lähmung herleiten zu wollen, bedingt durch Vernichtung derjenigen Theile, welche den bewegenden Primitivfasern den Befehl zur Ausübung ihrer Funktion mittheilen, suchte man sich durch mancherlei sonderbare Hinterthüren aus der Schlinge zu ziehen. Man sagte, es finde Druck auf den Hirnstamm statt; man schloß, daß die Primitivröhren dennoch bis in die schmerzlosen Theile vordrängen, wobei man sich auf die Faserung der weißen Substanz stützte, daß sie aber ihren Charakter änderten, und dergleichen Erklärungsversuche mehr. Experiment und Beobachtung, wenn auch unvollständig, haben uns doch Thatsachen geliefert, die als Anhaltspunkte einer consequenten Betrachtung der Erscheinungen dienen müssen. Wagen wir einmal consequent zu seyn. Stellen wir die Elemente unserer Schlüsse zusammen. Die bewegenden Primitivröhren enden im Hirnstamme. Thiere, Vögel, denen das große Gehirn fehlt, führen noch zweckmäßige Bewegungen aus, aber nur auf äußeren Anstoß. Leute, die an Krankheiten der Gewölbtheile leiden, sind oft gelähmt; sie möchten die gelähmten Glieder bewegen, können aber nicht. Druck auf den Hirnstamm anzunehmen, ist in den meisten Fällen dieser Art geradezu Unsinn; wie soll eine erweichte Stelle in der Hemisphäre den Hirnstamm zusammendrücken? Doch zurück zu unsern Prämissen. Warum bewegt sich der Vogel ohne Großhirn nicht? Er empfindet kein Bedürfniß, Bewegung zu wollen; regt man dies Bedürfniß an, so bewegt er sich. Warum bewegt

sich der Kranke nicht? Seine bewegenden Primitivröhren sind unverletzt, denn galvanische Reizung bringt sie in Thätigkeit; er kann wollen, sich selbständig das Bedürfniß der Bewegung hervorrufen, was der enthirnte Vogel nicht konnte, aber die Brücke fehlt, der Wille wird den bewegenden Organen nicht mitgetheilt; daher die Lähmung. Wir haben demnach, aus den Thatsachen klar nachgewiesen, drei Klassen von Theilen, welche zur Bildung einer Bewegung nöthig sind; direkt bewegende Primitivröhren, welche der Wille oder ein Reiz treffen muß, die aber selbständig ihre Thätigkeit nicht hervorrufen können; Theile die den Willen leiten und endlich Theile, die den Willen bedingen, gleichsam ausarbeiten. Zerstörung eines jeden dieser Theile kann Lähmung bedingen; in jedem vorliegenden Falle wird es davon abhängen, zu bestimmen, welcher Art die Lähmung sey.

Im vorigen Briefe wurde nachgewiesen, daß die Isolirung einer jeden Nervenprimitivröhre eine wesentliche Eigenschaft des peripherischen Systemes sey, und daß durch eine Reizung, welche eine bestimmte Primitivröhre trifft, nie eine zweite affizirt werden könne, auch wenn sie dicht daneben läge. Diese Isolation der betroffenen Nervenfasern erhält sich in dem Centralnervensysteme nur in sehr geringem Grade; meist findet Mittheilung von einer Primitivröhre auf die andere statt. Am leichtesten geschieht diese Mittheilung, dieses Ueberspringen auf ungleichnamige Primitivröhren, namentlich von empfindenden auf bewegende Nerven, und man hat die durch solches Ueberspringen der Empfindung auf bewegende Fasern bedingten Bewegungen, Reflexbewegungen genannt; während die Mittheilung von gleichnamigen Fasern auf gleichnamige, von empfindenden auf empfindende besonders Sympathieen genannt wurden. Eine Menge von täglich vorkommenden Erscheinungen lassen sich nur durch solche Reflexbewegungen und Sympathieen erklären und zahllose Versuche an Thieren, so wie genaue Analyse theils gesunder, theils kranker Zustände haben die Gesetze, nach welchen diese Reflexerscheinungen zu Stande kommen, in ihrer ganzen Ausdehnung kennen gelehrt. Auch bei

der Analyse dieser Erscheinungen wird uns vorzüglich die nackte, durch den Versuch gewonnene Thatsache leiten.

Im Augenblicke der Enthauptung eines Thieres ziehen sich alle Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten auf das kräftigste zusammen. Die Reizbarkeit ist dann meist auf Augenblicke erschöpft; einige Zeit nach der Enthauptung aber zeigt der Rumpf Reflexbewegungen. Berührt man den Fuß mit der Nadel, so wird er an den Leib angezogen; sticht man stärker, so erfolgen einige abwehrende Bewegungen desselben Fußes; bei noch heftigerer Reizung werden beide Hinterbeine, ja selbst die Vorderbeine bewegt. Auf jede Reizung erfolgt so eine entsprechende Bewegung. Bei den Amphibien und Fischen erhalten sich diese reflektirten Bewegungen am längsten; sie verschwinden ziemlich schnell bei warmblütigen Geschöpfen. Die Bewegungen eben getödteter Vögel, Tauben und Hühner, sind allen Köchinnen bekannt; nicht minder die lebhaften Bewegungen, welche der enthauptete Rumpf eines Aales macht und die zu dem allgemeinen Glauben verleiteten, selbst die Stücke eines Aales lebten noch und sprängen aus der Pfanne, um dem Rösten zu entgehen. Alle diese Bewegungen sind Reflexbewegungen, hervorgebracht durch den Hautreiz des Rupfens, des Schmorens in der Pfanne, wodurch Muskelbewegungen erzeugt werden, die dem angebrachten Reize entsprechen und je nach der Reizbarkeit des Thieres stärker oder schwächer werden.

Sucht man nun auf experimentellem Wege zu ermitteln, auf welche Weise diese Bewegungen zu Stande kommen, bei welchen der Wille und das Bewußtseyn des Thieres keine Rolle spielen können, so ergibt sich zuvörderst, daß dieselben durchaus von dem Daseyn des Rückenmarkes abhängen. Geht man bei einem enthaupteten Thiere mit einem Drahte in den Wirbelkanal ein und zerstört das Rückenmark, so zeigt sich auch keine Spur von Reflexbewegungen mehr, wenn dieselben auch noch so lebhaft unmittelbar vor dieser Zerstörung sich zeigten. Es genügt deßhalb, eine Stricknadel durch den Wirbelkanal eines Aales zu stoßen, um die Stücke regungslos liegen zu sehen. Es beweist

diese einfache Thatsache, daß das Ueberspringen der Reizung von fühlenden Fasern auf bewegende, einzig nur durch Vermittlung des Centralnervensystems zu Stande gebracht werden kann. Ja es ist diese Eigenschaft wesentlich an die graue Substanz gebunden und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung, während wie es scheint, die weiße Substanz des Rückenmarkes keinen Einfluß darauf ausübt. Man kann letztere großen Theils, ja gänzlich durchschneiden und nur in der Mitte eine sehr kleine Brücke von grauer Substanz übrig lassen, welche den Zusammenhang zwischen getrennten Theilen des Rückenmarkes vermittelt und die Reflexbewegungen bleiben, wenn auch um so schwächer werdend, je geringer die graue Verbindungsbrücke ist. Ebenso beweisen andere Versuche, daß diese Vermittelung nicht an einzelne Stellen im Rückenmarke, sondern an die ganze Ausdehnung der grauen Substanz gebunden ist. Schneidet man das Rückenmark in der Mitte des Rückens durch, so daß die untere Hälfte von der oberen getrennt ist, so werden Reizungen der hinteren Extremitäten Bewegungen der Füße, Reizungen der vorderen reflektirte Bewegungen der Vorderbeine, aber auch nur dieser, veranlassen, da die Communikation zwischen vorderer und hinterer Hälfte unterbrochen ist. Theilt man das Rückenmark genau der Länge nach in zwei seitliche Hälften, indem man nur am vorderen Ende eine Brücke zwischen diesen beiden Hälften läßt, so erscheinen noch Reflexbewegungen in allen vorderen wie hinteren Extremitäten. Theilt man das Mark quer durch in Segmente, innerhalb welcher Nervenwurzeln eintreten, so entstehen Reflexbewegungen, welche auf diejenigen Theile beschränkt sind, deren motorische Primitivröhren mit demjenigen Segmente in Verbindung stehen, dessen sensible Nerven gereizt wurden.

Gleiche Erscheinungen zeigen sich an dem Kopfe, wenn man auch die Gewölbtheile des Gehirns weggenommen und nur den Hirnstamm hat bestehen lassen. Reizungen der einzelnen Theile sind dann von entsprechenden Bewegungen gefolgt und es erstreckt sich diese Fähigkeit, Reflexbewegungen hervorzurufen, nicht nur auf die fühlenden Nerven, sondern auch auf die Sinnesnerven.

Bei der Reizung des Auges durch Licht wird die Pupille verkleinert, ja selbst das Auge geschlossen, ohne daß hierbei Einfluß des Willens herrschen könnte.

Eine Menge von Erscheinungen, die sich im lebenden Zustande zeigen, hängen einzig von diesen reflektirten Bewegungen ab. Das unwillkührliche Blinzeln der Augenlider während der geöffneten Augen ist eine reflektirte Bewegung, bedingt durch das Trockenwerden der Bindehaut; das unmittelbare Schließen, wenn man rasch auf die Augen mit dem Finger zufährt, und das man bei dem besten Willen nicht verhindern kann, hat die gleiche Ursache. Kitzeln der Nasenschleimhaut erregt Niesen, des Gaumens Schluckbewegungen und Erbrechen; jeder Nadelstich, der unversehens eine Hautstelle trifft, ist unmittelbar von einer Zuckung gefolgt, die nur dann vermieden werden kann, wenn wir darauf vorbereitet sind und unseren Willen über die Reaktion gebieten lassen. Ja die Versuche, welche man an enthaupteten Thieren anstellt, werden oft auch durch unglückliche Verhältnisse am Menschen möglich. Nach Brüchen der Wirbelsäule, wobei das Rückenmark zerquetscht und die hinteren Extremitäten gelähmt und dem Willen entzogen wurden, zeigen diese letzteren sehr oft reflektirte Bewegungen, wenn sie gestochen oder gekneipt werden.

Indem wir so die Reflexbewegungen als einzig auf der ganzen oder theilweisen Integrität des Rückenmarkes und der Hirnstammtheile beruhend auffassen, so wird es nöthig seyn, auf die oben erwähnten Erscheinungen der indirekten Lähmungen zurückzukommen, indem diese auf gewisse Funktionen der Gewölbtheile des Gehirnes und einiger anderer, noch dem Hirnstamme angehörigen Theile hindeuten, welche nicht auf dem unmittelbaren Zusammenhange dieser Theile mit den bewegenden Primitivröhren beruhen.

Es ist schon vielen Experimentatoren gelungen, Vögel, denen man das ganze große Gehirn weggenommen hatte, bei künstlicher Fütterung Monate lang am Leben zu erhalten und so die Erscheinungen studiren zu können, welche solche, des großen Gehirnes beraubten Thiere darbieten. Tauben, die auf diese Art operirt sind, sitzen wie in beständigem Schlummer. Sie haben

den Hals eingezogen, die Flügel am Leibe und ruhen anfangs zu meist auf beiden Füßen. Stößt man sie, kneipt man sie in die Füße, so erwachen sie, schütteln den Körper und die Federn, öffnen die Augen, bewegen sich schwankend ein paar Schritte weit vorwärts, fallen aber dann in den vorigen Schlummer zurück. Läßt man sie aus der Höhe herabfallen, so breiten sie die Flügel aus, fliegen auch ganz gut und in bestimmter Richtung, nur sinken sie bald auf den Boden, von dem sie nicht sich zu erheben streben. Zuweilen aber erwachen sie von selbst und dann besteht ihr einziges Geschäft darin, ihre Federn zu putzen und zu ordnen. Die Augen sind empfindlich gegen das Licht; die Taube schließt zwar die Augenlider nicht, sobald man ihr eine Kerze nähert, aber sie zeigt doch einige Unruhe und folgt selbst in ihren Bewegungen mit dem Kopfe einer Kerze, die man im Dunkeln vor ihren Augen umherdreht. Beim Berühren der Zehen entfernt sie den Fuß; wiederholt man mehrmals dieselbe Berührung, so birgt sie den Fuß unter den Flügel und bleibt, ohne zu wanken, im Gleichgewichte auf einem Fuße sitzen. Kneipt man nun den anderen Fuß, so zieht sie den zuerst verborgenen hervor und steckt denjenigen unter, welchen man zuletzt berührte. Hält man ihr scharf stechende, ätzende Substanzen, wie Ammoniak, an die Nase, so schüttelt sie heftig den Kopf, kratzt mit dem Fuße an der Nase, um den reizenden Körper wegzubringen. Sie ist unfähig, ihr Futter zu picken; man muß ihr den Schnabel öffnen und das Futter bis zur Zungenwurzel einbringen, worauf sie dasselbe hinunterschluckt.

Es zeigen diese Erscheinungen, daß die Bewegungen nach der Wegnahme des großen Gehirnes nicht nur in ihrer ganzen Vollständigkeit erhalten bleiben, sondern daß sie auch dieselbe Zweckmäßigkeit in ihren Combinationen behalten, welche sie in dem unverletzten Thiere besaßen, wenn gleich das ganze Verhalten der Bewegungen darauf hindeutet, daß sich das Thier in einem gewissen Traumzustande befindet, in welchem es sich weder der Empfindungen, noch der Bewegungen klar bewußt wird. Den Reflexbewegungen fehlt diese innere Bestimmung der Zweckmäßigkeit; ein enthauptetes Thier kann sich nicht mehr im

Gleichgewicht auf einem Fuße erhalten, wie die enthirnte Taube; bei Reizungen seines Fußes erfolgen zwar krampfhafte Gegenbewegungen, aber daß der Fuß durch Bergung unter den Flügel künftigen Angriffen entzogen werde, davon ist keine Rede. Ebenso wenig kann ein enthauptetes Thier gehen, fliegen, seine Federn putzen; die Combination, welche eine bestimmte Zweckmäßigkeit bedingt, fehlt bei den Reflexbewegungen.

Wenn die Wegnahme des großen Gehirnes auf die Combination der Körperbewegungen keinen Einfluß äußert, so ist dies dagegen augenscheinlich bei dem kleinen Gehirne der Fall. Thiere, denen man das kleine Gehirn weggenommen oder mit einer glühenden Nadel zerstört hat, so daß alle sonst die Resultate beeinträchtigende Blutung vermieden wird, solche Thiere bieten alle Erscheinungen einer vollen Trunkenheit dar. Sie schwanken, auf den Füßen stehend, hin und her, fallen bald nach vorn, bald nach hinten, bald seitlich; können nicht gerade gehen, keinen sicheren Schritt machen; fallen sie, so gelingt es ihnen nur durch Zufall, sich wieder aufzurichten. Die Flugbewegungen von Vögeln, welche in dieser Weise operirt wurden, bleiben möglich; die Tauben flattern, können aber nie dazu kommen, die Flügel regelmäßig so zu bewegen, daß sie sich in die Luft erheben; auf Schmerzempfindungen wird nicht durch geregelte Fluchtversuche, sondern durch regellose, krampfhafte Bewegungen geantwortet. So ist es denn durch das Experiment unzweifelhaft nachgewiesen, daß das kleine Gehirn wirklich wesentlich zur Combination der Bewegungen, zur Anpassung derselben an den beabsichtigten Zweck beitrage und daß es in dieser Beziehung in der nächsten Beziehung zu den motorischen Fasern stehe. Einseitige Zerstörung desselben bedingt halbseitige Körperlähmung, die ebenfalls in dieser Aufhebung der Coordination beruht. Die so gelähmten Thiere und Menschen können noch die gelähmte Hälfte einigermaßen bewegen, allein nicht so, daß der Fuß z. B. die zur Feststellung des Körpers nöthigen Bewegungen combiniren könnte. Es findet indirekte Lähmung durch Veränderung des Einflusses der Bestimmung statt.

Einseitige Durchschneidungen der tieferen Theile des kleinen und des Mittelgehirnes, namentlich der verschiedenen Schenkel welche von dem Hirnstamme zu den Gewölbtheilen gehen, rufen eigenthümliche Drehungserscheinungen hervor, welche man leicht an Kaninchen beobachtet. Die Thiere drehen im Kreise herum, wie ein schulgerecht zugerittenes Pferd auf der Reitbahn, und wenn die einseitige Verletzung noch tiefer dringt oder weiter nach hinten gegen das verlängerte Mark sie trifft, so sind sie selbst unfähig sich auf den Beinen zu erhalten, stürzen zusammen, drehen sich aber dann beständig um die Längsachse ihres Körpers. Ein Beobachter erzählt, daß er ein solches Kaninchen in einen Korb mit Heu gesteckt habe und sehr erstaunt gewesen sey, am anderen Morgen das Thier wie eine Flasche in Heu eingewickelt in dem Korbe zu finden. Die Richtung der Drehung bei allen solchen Verletzungen geschieht immer von der verletzten Seite nach der gesunden hin; ein Kaninchen, dessen rechter Kleinhirnschenkel verletzt ist, dreht sich von rechts nach links. Die Ursache dieser Drehung, so wie der eigenthümlichen Richtung des Drehens, ist leicht zu finden. Die Resultate der Verwundungen, welche die vor dem verlängerten Marke liegenden Theile betreffen, sind gekreuzt, wie wir schon früher anführten; wenn eine einseitige Verwundung das Gehirn betrifft, so erfolgt die Lähmung in den Körpermuskeln der entgegengesetzten Seite. Eine rechter Seits angebrachte Wunde lähmt demnach die Muskeln der linken Seite mehr oder minder vollständig. Bei unvollständiger Lähmung dreht das Thier im Kreise, wie auf der Reitbahn; die auf der rechten Seite durch die Muskeln gegebene Impulsion ist überwiegend. Geht die Lähmung noch weiter, so fällt das Thier und jede Bewegung der Extremitäten wird, da sie nur einseitig ist, eine Drehung um die Axe bewirken.

Von diesen, auf mechanische Weise hervorgebrachten Drehbewegungen, die nach Verletzung einiger Hirnstammtheile vorkommen, sind diejenigen Bewegungen wohl zu unterscheiden, welche öfters bei Verletzung des Mittelhirnes vorkommen. Dieses

steht in besonderer Beziehung zu der Funktion des Sehens. Verletzungen der Vierhügel, welche tief genug gehen, um die im Inneren derselben gelegenen grauen Kerne zu treffen, ziehen ebensogut Blindheit nach sich, als wenn der Sehnerve selbst zerstört worden wäre, nur mit dem Unterschiede, daß die Blindheit auf dem entgegengesetzten Auge auftritt; ein Umstand, der sich leicht dadurch erklärt, daß die Sehnerven unmittelbar nach dem Austritte aus dem Gehirne sich in dem sogenannten Chiasma kreuzen. Plötzliche Blindheit auf einem oder auf beiden Augen bewirkt aber bei Thieren sehr seltsame Erscheinungen. Eine Taube, der man ein Auge mit schwarzem Taffet zuklebt, dreht sich im Kreise dem gesunden Auge nach. Ein Thier, dessen Sehnerve plötzlich durchschnitten wird, dreht in gleicher Weise. Kaninchen, deren Sehnerven man beiderseits plötzlich zerstört, schießen wie Pfeile über den Operationstisch weg, in unaufhaltsamer Flucht voran bis sie wider die Wand stoßen. Gleiche Beobachtungen hat man nach Durchschneidung der Vierhügel und der Sehhügel auf beiden Seiten gemacht. Der Schrecken, verursacht durch die plötzlich eingebrochene Nacht, in welcher sich die schon von Natur so ängstlichen Stallhasen befinden, erklärt solche plötzliche Fluchtversuche mehr als genug.

Man hatte in einigen seltenen Fällen, nach mehr oder minder tiefen Wunden des kleinen Gehirns bei Kaninchen eine Neigung zum Rückwärtsgehen bemerkt, die indeß so selten ist, daß ihr Grund wohl noch in besonderen Nebenumständen gesucht werden muß, und da man zugleich diese unaufhaltsame Flucht in gerader Linie vorwärts, welche nach Durchschneidung vorderer Hirntheile eintrat, nicht als Folge der so erzeugten Blindheit, sondern als unmittelbares Resultat der Verwundung auffaßte, so kam man auf gar seltsame Ansichten über den Einfluß dieser Theile auf die Bewegung. Nach den Einen sollte das kleine Gehirn nach vorn treiben, das Mittelhirn nach hinten. Bei Durchschneidung des einen oder andern Theiles bekäme dann der unverletzte Theil das Uebergewicht und die Thiere bewegten sich sofort nach derjenigen Richtung, in welcher jener Theil antriebe.

Andere, welchen die Tendenz zum Rückwärtsgehen nicht erwiesen schien, glaubten das kleine Gehirn sey ein Hemmungsapparat, welcher die ungezügelte Bewegungskraft gehörig lenke und leite und nach dessen Wegnahme die gespannte Feder unaufhaltsam losschieße. Die eben angeführten Thatsachen erklären die Erscheinungen sehr ungezwungen; allein auch wenn wir sie nicht kennten, so müßten wir uns gegen eine solche Ansicht aussprechen, die nothwendig darauf zurückführt, daß man sich eine Seele vorstellen müßte, die wie ein Kutscher auf dem Bocke in dem kleinen Gehirn säße und von dort aus mit Peitsche und Zügel das Rossegespann der thierischen Maschine lenkte.

Eine Reihe von krankhaften Erscheinungen, so wie zahlreiche Versuche erweisen einen bedeutenden Einfluß des Centralnervensystemes, und namentlich des Gehirnes auf die Bewegungen und Empfindungen der Eingeweide, deren Thätigkeit unserem Willen entzogen ist. Die Zusammenziehungen des Magens, der Gedärme, der Ausführungsgänge der Drüsen, wie der Harnleiter und des Gallenkanales, die wurmförmigen Bewegungen der inneren Geschlechtstheile, die Schläge des Herzens können durch Reizung gewisser Hirntheile angeregt und beschleunigt werden. Die Localisation dieser Einflüsse und ihre Beziehung zu bestimmten Hirntheilen hat noch nicht gelingen wollen; das Herz, die Gedärme ziehen sich auf Reizung fast aller Theile des Hirnstammes zusammen und nur die Bewegungen der inneren Geschlechtstheile scheinen in bestimmter Beziehung zu dem kleinen Gehirn zu stehen. Wenn indeß auch die bestimmtere Verfolgung dieser Beziehungen der Centraltheile zu den automatischen Bewegungen noch nicht gelungen ist, so wird dadurch doch bewiesen, daß ein solcher Einfluß existirt und die Integrität der Gehirnfunctionen auch für das vegetative Leben von höchster Wichtigkeit ist. Welch ungemeine Folgen die Verlangsamung des Herzschlages, der Athembewegungen, der Darmcontractionen auf Kreislauf, Athmung und Verdauung haben müsse, braucht hier nur angedeutet zu werden. Nicht minder offen erscheinen zuweilen die Sensibilitätsverhältnisse zwischen den Eingeweiden

und dem Centralnervensysteme ausgesprochen. Die heftigen Stirnschmerzen bei Leberleiden, die Hallucinationen und Phantasien, welche als Folge chronischer Unterleibskrankheiten oft vorkommen und oft gänzlich das eigentliche Leiden maskiren, gehören in das Bereich solcher Erscheinungen, die aber nur noch sehr unvollständig erforscht sind.

Resumiren wir demnach noch einmal die verschiedenen Funktionen der Centraltheile des Nervensystemes, wie wir sie durch den Versuch kennen gelernt haben, so reduciren sich dieselben auf folgende Punkte:

Die sämmtlichen bewegenden und empfindenden Fasern der Körpernerven endigen im Rückenmarke und dem Hirnstamme; diese vermitteln demnach einzig und allein Empfindung und Bewegung.

Die Isolation der Primitivröhren ist im Hirnstamme aufgehoben; es findet Reflexion der Reize von einer Primitivröhre auf die andere statt.

Das Athembedürfniß und der Impuls zu den Athembewegungen gehen von einer kleinen Stelle im verlängerten Marke aus.

Die Integrität des kleinen Gehirnes ist nöthig zur zweckmäßigen Coordination der Bewegungen.

Das Mittelhirn steht in der nächsten Beziehung zum Gesichtssinne.

Der Verlust des großen Gehirnes bedingt Stupidität nebst allen ihren Folgen; alle übrigen Funktionen bleiben dabei ungestört.

Zwölfter Brief.

Nervenkraft und Seelenthätigkeit.

Die Alten schon sprachen von dem Nervenfluidum, dem Nervengeiste, der in dem ganzen Körper cirkulire gleich dem Blute in den Gefäßen, und dessen verschiedene Manifestationen bald Bewegung, bald Empfindung veranlassen sollten, je nachdem die Strömung von dem Centrum aus nach der Peripherie oder von außen nach innen sich fortpflanze. Eine gleiche Vorstellung lag auch manchen Anstrengungen neuerer Forscher zum Grunde, wenn sie sich bemühten, im Innern der Primitivröhren bewegende Kräfte aufzusuchen, wodurch der Inhalt derselben in Strömung versetzt werden sollte. Ein altes Sprichwort sagt: was meine Augen sehen, das glaubt mein Herz; hier konnte man die Sache umkehren und wohl mit Recht sagen: was mein Herz glaubt, das sehen meine Augen. Man sah mit müden, übermäßig angestrengten Augen gar mancherlei in dem Inneren der Primitivröhren flimmern und sich bewegen. Die fortgesetzte Beobachtung hat solche Ansichten zu Falle gebracht. Für unser Auge, für unsere sinnliche Wahrnehmung ist der Inhalt der Primitivröhren unbeweglich und wenn wir, nach den uns vorliegenden Thatsachen, von Strömungen, von Richtung der Strömung, von Fortpflanzung der Reize und Leitung derselben sprechen, so ist stets wohl im Auge zu behalten, daß dies nur Worte zur Erleichterung unserer Begriffe sind, daß aber diese Strömungen und Oscillationen durchaus außerhalb des Bereiches unserer Sinnesvermögen liegen; eben so gut, als es uns nicht möglich

ist, die Oscillationen zu sehen, die wir im Innern eines Kupferdrahtes annehmen, um die Leitung des elektrischen Stromes zu erklären.

Als man den Galvanismus entdeckt und gesehen hatte, wie heftig die galvanische Elektricität auf die Nerven wirkte, indem eine jede Schließung der Kette heftige Zuckungen in den Muskeln hervorbrachte, so lag es nahe die Nervenkraft mit der Elektricität zu identificiren. Genauere Untersuchungen zeigten auch hier, daß ein solcher Schluß durchaus falsch sey, und daß die Elektricität nur als ein mächtiger Reiz für die Nervenfaser angesehen werden müsse. Eine unerläßliche Bedingung zur Ausübung der Nervenfunktion besteht in dem ununterbrochenen Zusammenhang des Inhaltes der Nervenprimitivröhren. Ein bewegender Nerve, den man fest mit einem Faden umschnürt hat, kann über der Unterbindungsstelle auf alle mögliche Art gereizt werden, ohne daß die von ihm versorgten Muskeln zucken; trifft der Unterbindungsfaden empfindende Nervenfasern, so ist das Gefühl in den peripherischen Theilen, in welchen sie sich verbreiten, vernichtet. Die Leitung der Elektricität hat durch die Umschnürung des Fadens aber keinen Schaden gelitten. Berührt man den Nervenstamm mit dem einen Pole der Säule oberhalb des Fadens, mit dem andern unterhalb der Ligatur; so entstehen Zuckungen, während dieselbe Säule keine Zuckungen hervorbringt, wenn beide Pole oberhalb der Ligatur angelegt werden. Ein durchschnittener Nerve, den man in schnellen Zwischenräumen galvanisirt, reagirt stets schwächer und schwächer auf den elektrischen Reiz, bis am Ende gar keine Zuckung mehr erfolgt. Läßt man ihn nun einige Zeit ruhen, so beginnen die Zuckungen bei Anlegen der Pole aufs Neue. Wäre die Nervenkraft mit der Elektricität identisch, so müßte die Reaktionsfähigkeit des Nerven mit jeder Zuleitung von Elektricität vermehrt werden; sie erschöpft sich im Gegentheile allmählig.

Die Aehnlichkeit der Nervenkraft mit der Elektricität ist mithin nur eine entfernte, indem offenbar eine Leitung in den Nervenprimitivröhren stattfindet, wo in ähnlicher Weise, wie in

dem Drahte einer galvanischen Säule die Leitung sich fortpflanzt, ohne daß wir eine Bewegung in den Theilchen des Drahtes erkennen können. In der That ist die Mittheilung der Empfindung und Bewegung mittelst der Nerven eine so schnelle, daß sie bei dem geringen Raume, welchen sie zu durchlaufen hat, eine augenblickliche genannt werden kann. Der Weg, welchen ein Reiz zu durchstreifen hat, ehe er von der großen Zehe an bis in's Gehirn fortgepflanzt wird, mag etwa im höchsten Falle fünf Fuß betragen; um eine Bewegung hervorzubringen, muß der vom Gehirn ausgehende Impuls des Willens denselben Weg zurücklegen; die Reaktion erscheint uns nichts desto weniger unmittelbar und der Zeitraum, welcher zur Leitung der Empfindung und Bewegung auf eine Länge von zehn Fußen verwandt wird, ist für uns durchaus unmeßbar. Man hat die Geschwindigkeit der Nervenleitung auf die Weise bestimmen zu können geglaubt, daß man versuchte, wie viel Gefühls- oder Sinneseindrücke man in einer bestimmten Zeit als vereinzelte Eindrücke auffassen konnte, und gefunden, daß man bei einem gezahnten Rade, welches hundert Umdrehungen in einer Sekunde machte, noch deutlich jeden Stoß fühlte. Da die Entfernung von dem Finger bis zum Gehirne nur etwas mehr als zwei Fuß beträgt, so braucht eine gesonderte Empfindung jedenfalls weniger als ein Zweihundertheil einer Sekunde, um bis zu dem Gehirne zu gelangen. Eine genauere Würdigung solcher Versuche zeigt aber bald, daß die daraus gezogenen Resultate nie vollständig richtig seyn können. Zur Auffassung eines Gefühlseindruckes gehören stets zwei wesentliche Faktoren; einestheils die Leitung bis zu dem Gehirn, anderntheils die Auffassung des Zugeleiteten durch das Bewußtseyn. Dieser letztere Faktor aber gerade ist sicherlich der größte und durch Experimente unbestimmbar. Ein Mensch von trägem Geiste, schwerfälliger Auffassungskraft braucht eine größere Zeit, um sich eine Anschauung zu verschaffen, als ein lebhafter aufgeweckter Kopf, der sich zu schneller Auffassung geübt hat. Der Eine wird deßhalb auch weit mehr vereinzelte Gefühlseindrücke in einer gegebenen Zeit auffassen können, als der Andere,

während bei beiden die Schnelligkeit der Zuleitung dieselbe seyn kann. Ein auffallendes Beispiel liefern hierfür die astronomischen Beobachtungen, bei welchen man den Augenblick des Eintrittes eines Sternes in den Meridian bestimmt. Wenn mehrere Beobachter denselben Stern beobachten, so weichen oft ihre Angaben bis um ein Drittel einer Sekunde von einander ab. Man macht diese Bestimmungen in der Art, daß man in dem Augenblicke, wo der Rand des Sternes den Faden berührt, der in dem Fernrohre aufgespannt ist, mit einem Rucke des Fingers den Gang eines Chronometers hemmt, den man in der Hand hält. Die größere oder geringere Schnelligkeit, womit dieser Ruck ausgeführt wird, hängt hauptsächlich von der Auffassung des Beobachters ab, die mehr oder minder schnell vor sich geht, nicht aber von der Leitung des Sinneseindruckes in dem Nerven.

Daß die Nerven indeß nicht blos Leiter sind, welche, den Kupferdrähten einer galvanischen Säule gleich, die Empfindungen nach dem Gehirne und den Bewegungsimpuls nach der Peripherie hinleiten, dies beweist schon das Verhalten der Reize und das eigenthümliche Auffassen derselben. Die Empfindungen, welche unsere Hautnerven uns mittheilen, sind nicht stets dieselben und durch Abstufungen von Mehr oder Minder bedingt, sondern es finden sich darin qualitative Verschiedenheiten der mannichfachsten Art. Man fühlt nicht nur die Härte oder die Gestalt der Oberfläche eines Körpers, man empfindet auch seine Temperatur und hat eine gewisse Schätzung für sein Gewicht; man sieht nicht nur Licht und Finsterniß, sondern auch Farben und deren Nüancen; man hört nicht nur den musikalischen Ton, dessen Schwingungen unser Ohr auffaßt, sondern man unterscheidet auch an dem eigenthümlichen Klange, seinem Timbre, aus welchem Instrumente der Ton hervorgeht. Es sind dies offenbar Spezialisirungen der einzelnen Empfindungen, die dem Gehirne schon als solche mitgetheilt werden, und die somit von der Nervenfaser an und für sich erkannt werden.

Diese Spezialisirung der Reize durch die Primitivröhren, welche auf eine eigenthümliche Auffassungsthätigkeit der Nerven

hinzudeuten scheint, bedingt andererseits wieder eine Mannichfaltigkeit der Einwirkung auf den Nerven, welche durch die Natur der verschiedenen Reize bedingt ist. Die Elektricität steht hier ohne Zweifel oben an. Schon die kleinsten Plattenpaare, welche zu einer Säule zusammengefügt worden, bewirken Zuckungen der Muskeln, sobald man die Kette durch den Nervenstamm schließt. Elektrische Schläge, namentlich solche, welche durch magnetelektrische Maschinen hervorgebracht sind, bilden jetzt bei Lähmungen der Nerven eines der wichtigsten Erregungsmittel, das dem Arzte zu Gebote steht. Weit geringer wirken mechanische Reize.

Wenn uns demnach die Nervenkraft als eine eigenthümliche, dem Gewebe der Primitivröhren ebenso zustehende Funktion erscheint, wie die Sekretion einer bestimmten Flüssigkeit Funktion des eigenthümlichen Lebergewebes ist, und wir die Gesetze des Auftretens dieser Funktion so ziemlich durch den Versuch nachweisen können, so hält es dagegen weit schwerer, nachzuweisen, in welchem Verhältnisse diese Funktion der peripherischen Körpernerven zu derjenigen der Centraltheile stehen, die man mit dem Namen der Seelenthätigkeit zu bezeichnen gewohnt ist. Es kann nicht geläugnet werden, daß der Sitz des Bewußtseyns, des Willens, des Denkens endlich einzig und allein in dem Gehirne gesucht werden muß; allein in welcher Weise nun dort die Räder der Maschine in einander greifen, dies zu bestimmen, ist uns vor der Hand unmöglich gewesen. Wodurch es geschehen kann, daß ich meinen Willen gerade auf die Vollziehung dieser oder jener Bewegung lenke; ob dies Folge einer besonderen Lokalisation des Willens, ob nur das Resultat einer bestimmten, der bewegenden Thätigkeit zu verleihenden Richtung ist, dies zu entscheiden liegt außer dem Bereiche unserer heutigen Kenntnisse. Was man deßhalb auch von den Beziehungen der Gehirnsubstanzen zu den Nervenverrichtungen sagen möge, es ist besser, hier unsere Unwissenheit zu gestehen und nicht weiter zu gehen, als die Erfahrung und der Versuch uns geführt haben.

Noch viel weniger können wir von der Beziehung der

Geistesthätigkeiten zu dem Gehirne sagen; wenn auch Gall'sche Phrenologie und Carus'sche Craniosкopie die Räthsel gelöst zu haben sich brüsten. Ein jeder Naturforscher wird wohl, denke ich, bei einigermaßen folgerechtem Denken auf die Ansicht kommen, daß alle jene Fähigkeiten, die wir unter dem Namen der Seelenthätigkeiten begreifen, nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind; oder, um mich einigermaßen grob hier auszudrücken, daß die Gedanken in demselben Verhältniß etwa zu dem Gehirne stehen, wie die Galle zu der Leber oder der Urin zu den Nieren. Eine Seele anzunehmen, die sich des Gehirnes wie eines Instrumentes bedient, mit dem sie arbeiten kann, wie es ihr gefällt, ist ein reiner Unsinn; man müßte dann gezwungen seyn, auch eine besondere Seele für eine jede Funktion des Körpers anzunehmen und käme so vor lauter körperlosen Seelen, die über die einzelnen Theile regierten, zu keiner Anschauung des Gesammtlebens. Gestalt und Stoff bedingen im Körper überall die Funktion und jeder Theil, der eine eigenthümliche Zusammensetzung hat, muß auch nothwendig eine eigenthümliche Funktion haben.

Wenn demnach anerkannt werden muß, daß die Phrenologie und Craniosкopie in so fern einen festen Boden haben, als sie von dem Grundsatze ausgehen, daß die Qualität und Quantität der Hirntheile auch die Art und Weise unseres Denkens bestimmen; daß von dieser oder jener Conformation auch diese oder jene Triebe und Leidenschaften nothwendig abhängen müssen; so liegt das Falsche dieser Wissenschaften nicht in dem Prinzipe, sondern in der Anwendung dieser Prinzipien im praktischen Felde.

Die Gall'sche, von vielen Anderen später theils modificirte, theils erweiterte Phrenologie bezeichnete willkührlich Regionen am Kopfe, welche die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten im Gehirne anzeigen sollten. Ein solcher Kopf, auf dem in niedlichen Feldern Muth, Diebssinn, Ortssinn und noch etwa fünfzig andere Sinne verzeichnet sind, nimmt sich gar nett und anschaulich aus. Stand eine bezeichnete Region auf irgend einem Schädel als Hügel oder Vorsprung vor, so hatte der Mensch die dort logirte Fähigkeit in hohem Grade entwickelt besessen;

war die Gegend abgeflacht oder vertieft, so war besagte Fähigkeit entweder gar nicht oder nur schwach entwickelt. Schon diese Ansicht, daß der Schädel in seinen äußeren Umrissen genau die inneren Verhältnisse nachahme und somit die Conformation des Schädels auch diejenige des Gehirnes zeige; schon diese Ansicht ist durchaus unhaltbar. Der Schädel ist keine Schachtel, die in allen ihren Theilen gleichförmig dick ist; er hat bestimmte Stellen, wo er dünner, andere, wo er dicker ist, und die Verhältnisse seiner Dicke an verschiedenen Stellen schwanken in ziemlich weiten Gränzen. Bei dem Einen ist die Stirn dicker als das Hinterhaupt, bei dem Andern findet das Umgekehrte statt, und man braucht nur den ersten besten in verschiedenen Richtungen zersägten Schädel zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß die äußeren Umrisse durchaus noch nicht diejenigen der inneren Höhlung wiederholen, sondern daß nur im Großen Aehnlichkeit stattfindet.

Wäre demnach auch die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten in den verschiedenen Gehirnstellen so, wie die Phrenologie sie annimmt, so würde es dennoch unmöglich seyn, dieselben an dem äußeren Schädel auszutasten, eben weil dieser kein Abklatsch der Gehirnoberfläche ist. Leider aber ist diese Lokalisation nur eine Reihe von Glaubensartikeln, die, wie jeder Glaube, auf keinem faktischen Beweise beruhen. Der musikalische Sinn wurde an diese oder jene Stelle gesetzt, weil es zur Zeit Galls zufällig einen mit ihm befreundeten Musiker gab, dessen Schädel an der ausersehenen Stelle einen Höcker hatte; der Zerstörungstrieb wurde einem berühmten Mörder abgetastet und was all' der sogenannten Erfahrungen mehr sind. Die oberflächlichen Gehirnwunden, wobei oft bedeutende Mengen von Gehirnsubstanz verloren wurden, ohne sichtlichen Erfolg auf die Geistesfähigkeiten, beweisen im Gegentheil, daß eine solche ängstliche Lokalisation der Geistesfähigkeiten in den Gewölbtheilen des Gehirnes durchaus nicht vorhanden ist, sondern daß hier allgemeinere Bedingungen vorwalten, deren Verhältnisse wir noch nicht zu bestimmen im Stande sind.

Ein anderes Resultat verwirrter Schlußfolgerungen, die auf rein willkührlichen Annahmen beruhen, ist die in neurer Zeit

aufgetretene, von ihrem Urheber als wissenschaftlich begründete Craniosкopie erfundene Wissenschaft. Es wurde im neunten Briefe schon angeführt, daß das Gehirn aus drei auf einander folgenden Blasen entstehe, die auch noch im erwachsenen Gehirne als Großhirn oder Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn unterscheidbar seyen. Dies ist eine Thatsache. Eine meiner Ueberzeugung zufolge veraltete naturphilosophische Ansicht lehrte ferner, daß jeder dieser Blasen ein Wirbel entspräche, und daß der knöcherne Schädel aus drei auf einander folgenden Wirbeln bestehe, deren Bogenstücke das Gehirn überwölbten. Man behauptete nun, die Entwicklung dieser Wirbel entspräche der Entwicklung der Hirntheile und diese wieder seyen der Sitz besonderer Thätigkeiten, deren Ausbildung man folglich aus der Entwicklung der Schädelwirbel erschließen könne. Die vordere Hirnmasse, nahm man an, sey der Sitz der höheren Intelligenz, während die mittlere dem Gefühle und die hintere dem Willen und den Trieben diene. Daß die Wegnahme des kleinen Gehirns den Willen nicht beeinträchtigt, sondern nur die Fähigkeit zur Coordination aufhebt, ist zwar eine Thatsache — aber die Craniosкopie bedarf keiner Thatsachen zur Aufstellung ihrer Prinzipien. Daß der ganze knöcherne Gewölbtheil des hypothetisch angenommenen zweiten Schädelwirbels, die Schläfen und Scheitelbeine, auch nicht in der geringsten Beziehung zu dem Mittelhirne stehen, sondern einzig die Lappen des großen Gehirnes umhüllen, ist ebenfalls für das Prinzip der Craniosкopie sehr gleichgültig. Wer eben glauben will, der glaube; für uns aber, die wir den Fortschritt der Naturwissenschaft nur in der Thatsache sehen, die wir wissen und nicht glauben wollen, für uns stehen solche Versuche nur als kindliche Ahnungen zukünftiger Wissenschaft da.

Die Funktionen der Centraltheile des Nervensystemes sind überall in der ganzen Thierreihe an eine gewisse Periodicität gebunden, deren abwechselnde Zustände man mit dem Ausdrucke Schlafen und Wachen bezeichnet. Ich habe nie einsehen können, warum man nur dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln den wahren Schlaf will zukommen lassen und die übrigen

Thiere schlaflos umherjagt. Die meisten Reptilien ruhen eine große Zeit des Tages über; daß die Eidechsen, die Krokodile in der Sonne schlafen, weiß Jeder, der solche Thiere beobachtet hat; Fische fängt man im Schlafe mit den Händen; Mollusken, Krebse und andere Gliederthiere gehen meist nur des Nachts auf Nahrung aus und schlafen bei Tage. Die Zeit thut hier nichts zur Sache — ist die Eule etwa schlaflos, weil sie bei Nacht fliegt? Wenn diejenigen Thiere, welche den Meeresstrand bewohnen, beim Ablauf der Ebbe ihre Gehäuse schließen, sich einrollen und tief zurückziehen, um unbeweglich die Rückkehr der Fluth zu erwarten, glaubt man, daß sie dann wachen und philosophische Betrachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Bewegung des Wassers anstellen? Ich weiß nicht, wie man diese und viele andere Erscheinungen bisher aufgefaßt hat; aber so viel weiß ich, daß mir noch kein Thier vorgekommen ist, bei welchem man nicht abwechselnde Zustände hätte beobachten können, die mit Wachen und Schlafen übereinkommen.

Die Erscheinungen des Schlafes sind einem Jeden bekannt; das Sandmännchen in den Augen, das Gähnen, das Suchen nach Ruhe und bequemer Lage, die allmählige Abschließung gegen die äußeren Eindrücke sind zu oft von uns allen erfahren worden, als daß man daran zu erinnern brauchte. Ein Jeder weiß auch, daß lebhafte Sinnenreize länger wach erhalten, daß öfteres Bespritzen mit kaltem Wasser, grelles Licht, rauschende Musik am Einschlafen hindern, während ruhige Weisen, gleichförmiges Rauschen eines Wasserfalles, Murmeln eines Baches, vor allem aber langweilige monotone Unterhaltungen unwiderstehlich einschläfern. Indeß gibt es auch Erscheinungen, die meist dem Schlafe vorangehen, und welche von den meisten Menschen unbeachtet gelassen werden, da sie weniger in die äußere Beachtung treten. Man sieht unbestimmte verwachsene Punkte vor den geschlossenen Augen, Nebel, leuchtende Punkte, hellere Massen, die vor dem Gesichtskreise umhergaukeln; deren Spiel den Schlaf immer mehr herbeiführt und deren Beachtung viel Selbstüberwindung und Reflexion kostet.

Im Schlafe selbst gehen alle Funktionen des vegetativen Lebens ungestört vor sich; nur tritt offenbar eine gewisse Abspannung und daherige größere Langsamkeit der Bewegungen ein. Das Herz schlägt ruhiger; die Athemzüge werden langsamer und tiefer; die Bewegungen des Darmes ohne Zweifel langsamer und die Verdauung dadurch anhaltender; — „wer schläft, der ißt," sagt ein altes Sprichwort. Auffallender sind die Erscheinungen im animalen Leben. Das Bewußtseyn ist verringert; wenn auch nicht durchaus geschwunden, und gerade durch diese Stumpfheit des Bewußtseyns und den mangelnden Zusammenhang desselben mit den übrigen Thätigkeiten wird der Schlaf bedingt. Ein Schlafender hört, fühlt und sieht in materieller Hinsicht eben so gut, als ein Wachender; sein Hörnerve nimmt die Schallwellen, sein Gefühlsnerve die Schmerzensempfindung durchaus eben so auf, wie wenn vollkommenes Wachen vorhanden wäre, aber die Vermittlung der Empfindung fehlt, und wenn sie geschieht, so erfolgt sie falsch, unrichtig, verwirrt. Ein Gleiches findet statt mit den Bewegungen. Wir ändern sehr gut im Schlafe eine unbequeme Lage; schlagen im Traume um uns; der träumende Jagdhund bewegt die Füße zum Laufen; aber die Bewegungen sind unkräftig, unbestimmt, eben so unsicher und ungeregelt, wie die Empfindungen.

Daß die Empfindungen im Schlafe durchaus in ihrer ganzen Intensität von den Nerven empfangen, nicht aber von dem Bewußtseyn eben so aufgefaßt werden, geht aus den vielfachsten Erscheinungen hervor. Das leiseste ungewohnte Geräusch kann erwecken, während starke Töne, an welche man gewohnt ist, den Schlaf ungestört lassen. Jeder Lärmen, der anfangs wach erhielt und den Schlummer störte, wird endlich durch die Gewohnheit unschädlich. Die Empfindungen werden aber durch das phantastische Spiel der Seele, das wir als Traum bezeichnen, nicht in ihrer Realität, sondern in Verbindung mit Vorstellungen aufgefaßt, welche unser Gehirn daran knüpft. Auf diese Weise werden äußere wie innere Empfindungen vertauscht, in seltsame Geschichten und Romane verwoben, welche sich meist auf bestimmte

Erlebniſſe beziehen oder auf Vorſtellungen, mit welchen man ſich vor längerer oder kürzerer Zeit beſchäftigt hat. Jeder weiß wohl aus ſeiner eigenen Erfahrung, wie folgerecht oft der Traum einzelne Theile ſeines Geſpinnſtes abwickelt, um endlich zu der Conception der Empfindung ſelbſt zu gelangen; wie er dieſe gleichſam einleitet, erklärt, begreiflich macht und ihr ſpäter eine Nachrede hält. Ich weiß aus eigener Erfahrung, daß ich viel träumte, als ich noch ein böſer Junge war und mehr Ritterromane las und Bier trank, als meiner Phantaſie und meinem Körper zuſagte. Ich träumte viel von Schlachten und Kämpfen, kühnen Angriffen und klugen Rückzügen und meiſt endete der Traum dahin, daß ich allein noch übrig blieb, mich in ein einſamſtehendes Haus rettete und dort in ein Bette kroch, in dem ich ſtill und regungslos liegen blieb. Oft entſchlüpfte ich ſo; zuweilen aber entdeckte der Feind mich und ich wurde ermordet. Ich fühlte den Dolch in der Wunde, fühlte, wie mein warmes Herzblut über mich hinabrieſelte — beim Erwachen fand ich das Bette durchnäßt. Kein Zweifel, daß das ungewohnte Getränk den Blaſenhals reizte und das träumende Gehirn das Bedürfniß zum Uriniren in einen Roman verwob, deſſen Ausgang manchmal meine Backe zahlen mußte.

Wenn indeß die meiſten Träume ſich in dieſer Art an innere oder äußere Empfindungen knüpfen mögen, ſo iſt doch nicht zu läugnen, daß es Traumvorſtellungen gibt, die unabhängig hiervon, vielleicht von beſonderen Verhältniſſen des Gehirnbaues abhängen und die immer wiederkehren, welches auch der Gegenſtand ſey, mit dem man ſich geiſtig oder körperlich beſchäftigt hat. Solche in unbeſtimmten Zeiträumen immer wiederkehrenden Traumvorſtellungen werden öfter läſtig, ſchon ihrer ſteten Gleichheit wegen, und ſie haben das Eigenthümliche, daß man ſich ihrer erinnert, wenn man auch die Erinnerung an alle andere Träume verloren hat. Ich bin bei mir ſelbſt auf dieſe Erſcheinungen aufmerkſam geworden und habe bis jetzt vielleicht nur ein Paar meiner Bekannten getroffen, welche nicht ähnliche, gleichſam fixe Traumvorſtellungen haben, von denen ſie von Zeit zu Zeit heimgeſucht

werden. Bei keinem sind es dieselben, wie bei einem Andern; bei mir selbst reduciren sie sich auf zwei besondere Vorstellungsreihen. Den Grund des einen derselben habe ich finden können; er beruht in Kopfcongestionen. Bei heftigeren Anfällen von solchem Blutandrang nach dem Kopfe tritt selbst der Traum im vollkommenen Wachen ein. Es scheint mir, als würde mein Kopf zu eng; er klappt oben auf wie eine Fallthüre und das Innere wulstet sich hervor, quillt nach allen Seiten über, bläht sich auf und verliert sich in nebelgrauer Ferne. Die andere fixe Vorstellung auf einen körperlichen Zustand zurückzuführen, ist mir bis jetzt unmöglich gewesen; sie besteht, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer Anschauung der Unendlichkeit. Eine Bahn, einer Kegelbahn ähnlich, streckt sich vor meinen Augen aus; eine Kugel wird darauf hingeschoben, von Gestalten, deren Umrisse ich bei größter Anstrengung nie fixiren kann. Im Rollen vergrößert sich die Kugel, wächst und dehnt sich ins Unendliche und wenn ich schon lange sie nicht mehr als Kugel sehe, so habe ich noch immer das Gefühl des Rollens und Wachsens.

Aus der Analyse solcher Vorstellungen, die bei Gesunden nur im Traume auftreten, wird es klar, wie gewisse Organisationsfehler, in deren Gefolge diese Vorstellungen auftreten, als fixe Ideen, als Narrheit und Tollheit im kranken Zustande sich gestalten können. Es zeigen aber auch diese Beispiele, wie sehr leicht materiell krankhafte Verhältnisse unseres Körpers auf den Seelenzustand einen wesentlichen Einfluß ausüben müssen und wie dieser am Ende nur der Reflex dieser materiellen Veränderungen ist. Die falsche Vorstellung, welche der Traum im Schlafe vorführt, tritt in das Wachen über, sobald die abnorme Thätigkeit des Gehirnes überwiegt und so wie der Amputirte auch bei der besten Ueberzeugung vom Verluste seines Fußes dennoch des Gefühl der Existenz desselben hat, und im Anfange nach der Operation denselben beständig fühlt, so kann der Wahnsinnige die vollständigste Ueberzeugung von der Unrichtigkeit seiner Vorstellung haben und dennoch von derselben nicht lassen, so lange der materielle Grund dieser Vorstellung obwaltet. Es

wird aber unter solchen Umständen auch klar, wie der materielle Grund zum Wahnsinn nicht nur im Gehirne, sondern auch in andern Körpertheilen liegen kann. Eine Empfindung, die wie alle von den Eingeweiden ausgehenden Empfindungen nur unklar aufgefaßt wird von dem Bewußtseyn, kann allmählig überwiegend einwirken und so Vorstellungen erzeugen, die mit dem richtigen Gedankengange unvereinbar sind. Ich kenne einen berühmten Naturforscher, der an Magenkrämpfen leidet, die offenbar der Reflex einer organischen Destruktion sind. Er wird von Träumen, ja sogar im Wachen von unklaren Vorstellungen heimgesucht, die sich auf dies Leiden beziehen und denen er nur durch festen Willen entgegen arbeiten kann. Ein Schritt weiter und die auf solche Weise erzeugten Vorstellungen gewinnen die Oberhand.

Dreizehnter Brief.

Das Auge.

Das zuſammengeſetzteſte Inſtrument des Körpers ohne Zweifel iſt das Auge, durch deſſen Thätigkeit das Sehen vermittelt wird. Ehe wir auf die Geſetze, welche in dieſem merkwürdigen Apparate ihre Anwendung finden, näher eingehen, wird es nöthig ſeyn, die anatomiſche Struktur deſſelben überſichtlich zu beleuchten.

Der Augapfel an ſich iſt eine hohle, kugelförmige Blaſe, aus mehreren, zwiebelförmig über einander gelagerten Schichten von Häuten beſtehend, in deren Innerem beſtimmte, mehr oder minder flüſſige durchſichtige Materien abgelagert ſind. Abgeſehen von den Schutz- und den Bewegungsapparaten, welche an dieſer Kugel angebracht ſind, zeigen ſich daran folgende, beſonders wichtige Theile. Zuerſt eine äußere, ſchalenartige Hülle, deren hinterer Theil weiß, feſt und undurchſichtig iſt, während ein vorderes, kleineres Segment eine pralle, waſſerklare, durchaus durchſichtige Haut darſtellt, die man mit dem Namen der Hornhaut belegt. Die hintere weiße Haut, deren vordere Partie das Weiße des Auges bildet, zeigt die Form eines ſtark gekrümmten Bechers mit enger Oeffnung, etwa wie ein Römerglas, auf welchem dann die durchſichtige Hornhaut aufgeſetzt iſt. Die ganze innere Fläche der weißen Augenhaut iſt von einer ſammtartigen, tief ſchwarzen Membran, ſchwarze Augenhaut, auch Aderhaut oder Choroidea genannt, ausgekleidet, welche bis zum Rande der Hornhaut vorgeht, dort die innere Fläche der Schale verläßt und einen queren Vorhang bildet, der ſenkrecht im Auge

aufgehängt ist und in der Mitte ein kreisrundes Loch, das Sehloch oder die Pupille zeigt. Der Vorhang wird mit dem Namen der Regenbogenhaut oder Iris belegt. Jedermann weiß, daß die Farbe der Augen von der Färbung der vorderen Fläche dieses Vorhanges abhängt, welche man durch die durchsichtige Hornhaut sieht. Das Sehloch in der Mitte erscheint deßhalb schwarz, weil man die auf dem Grunde ausgespannte Aderhaut durch die Flüssigkeiten des Auges hindurch scheint. Die Aderhaut mit der Iris und den hinter derselben gelegenen Fortsätzen bildet demnach die zweite Schalenhaut der Zwiebel. Im hinteren Augenraume liegt sie hart an der weißen Augenhaut an; vorne aber findet sich zwischen der kreisförmig gekrümmten Hornhaut und dem senkrecht aufgehängten Vorhange der Iris ein halblinsenförmiger Raum, der durch eine wässerige Flüssigkeit erfüllt ist und die vordere Augenkammer heißt.

Die schwarze wie die weiße Augenhaut, werden an ihrer hinteren Fläche von dem Sehnerven durchbohrt, welcher im Inneren des Auges sich in Form einer fast durchsichtigen, graulich gefärbten, sehr zarten Haut ausbreitet, welche die Netzhaut genannt wird. Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt nicht genau dem Sehloche gegenüber, sondern etwas nach innen; in der Augenaxe selbst, die man horizontal durch das Sehloch legt, findet sich ein eigenthümlicher gelber Fleck auf der Netzhaut, der nur bei dem Menschen und einigen Affen angetroffen wird. Die Netzhaut kleidet die ganze innere Fläche der Aderhaut aus, sie geht vornen bis an die Gegend des vorderen Randes derselben; überkleidet aber nicht die Regenbogenhaut auf ihrer hinteren Fläche. Die drei zwiebelartig übereinander gelegten Häute, welche den Augapfel bilden, sind demnach um so kürzer und um so weiter nach vorn offen, als sie mehr nach innen liegen; — weiße Augenhaut und Hornhaut bilden ein vollkommen geschlossenes Rund; Aderhaut und Iris zeigen eine kleinere mittlere Oeffnung, das Sehloch; die Netzhaut endlich bildet eine Art nach vorn offenen Bechers.

Das Innere des Augapfels ist, wie schon oben bemerkt,

von mehreren flüssigen Theilen erfüllt, welche die eigenthümliche Prallheit dieses Organes bedingen. In der vorderen Augenkammer, zwischen der Regenbogenhaut und der Hornhaut, findet sich eine klare Flüssigkeit, die fast reines Wasser ist, das nur wenige Bestandtheile aufgelöst enthält. Beim Anstechen der Hornhaut, was bei Operationen am Auge nicht selten geschieht, spritzt diese Flüssigkeit oft im Strahle hervor. Sie erneuert sich sehr rasch und ihr Verlust ist durchaus von keiner Bedeutung, eben dieser schnellen und leichten Erneuerung wegen. Hinter dem Sehloche und fast unmittelbar an die hintere Fläche der Regenbogenhaut angelegt, von der sie nur durch einen kleinen Raum getrennt ist, findet sich die Krystalllinse, ein aus blättrigen Schichten gebildeter Körper, dessen vordere Fläche etwas abgeplättet, die hintere aber stark gekrümmt ist und der in seinen äußeren Schichten eine breiige Consistenz besitzt, während der innere Kern ziemlich fest ist. Die gesunde Linse ist außerordentlich klar, hell und durchsichtig; sie wird in ihrer Stellung durch besondere Apparate und Fortsetzungen der Aderhaut gehalten, auf deren Anordnung wir hier nicht näher eingehen können. Die hintere Fläche der Linse liegt in einer gelatinösen, eiweißartigen Flüssigkeit eingebettet, welche den ganzen hinteren Augenraum ausfüllt und überall unmittelbar von der Netzhaut umfaßt wird, der Glaskörper.

Die wesentlichen Theile des Augapfels theilen sich demnach in zwei Hauptklassen; — einerseits durchsichtige, mehr oder minder flüssige Medien, durch welche die Lichtstrahlen bis zum Hintergrunde des Auges gelangen können, und anderseits hautartige Ausbreitungen, mit sehr verschiedenen Eigenschaften, die wir näher analisiren werden.

Wichtig für die Funktion des Gesichtes erscheinen die verschiedenen Apparate, welche in der Umgebung des Augapfels angebracht sind und theils zu seinem Schutze, theils zu seiner Bewegung dienen. Sechs Muskeln bedingen durch ihre Zusammenziehungen nicht nur die Bewegungen nach oben und unten, rechts und links, sondern auch die Drehungen des Auges

um seine Axe, das Rollen desselben nach außen und innen; eine ziemlich bedeutende, tief in der Augenhöhle gelegene Drüse, die Thränendrüse, erhält durch die von ihr gelieferte allbekannte Absonderung die äußere Fläche des Augapfels in einem beständigen Zustande von Feuchtigkeit; zwei bewegliche, undurchsichtige Vorhänge endlich, die Augenlieder, öffnen und schließen sich vor dem Augapfel, um je nach dem Willen und dem Bedürfnisse des Individuums, dem Lichte Zutritt zu gestatten oder dasselbe abzuhalten. Die Mechanik des Auges an sich läßt demnach nichts zu wünschen übrig; seine Beweglichkeit ist ungemein groß und die Leichtigkeit, womit alle Bewegungen ausgeführt werden, die zum Theil unbewußte Coordination derselben, wodurch bei jedem Anlasse die demselben entsprechende Bewegung, auch ohne bewußte Dazwischenkunft des Willens ausgeführt wird, zeigt, daß die Natur Alles aufbot, um dies herrliche Instrument so viel als möglich allen äußeren Schädlichkeiten zu entziehen.

Die innerste der drei Augenhäute, die Retina oder Netzhaut, ist eine flächenartige Ausbreitung des Sehnerven, welcher an einer bestimmten Stelle die beiden äußeren Augenhäute durchbricht, um sich in diese becherartig geformte Haut fortzusetzen. Diese ist indeß nicht nur von den Primitivröhren des Sehnerven gebildet, welche sich hier netzartig mit einander verstricken und endlich in schlingenartigen Umbiegungen endigen; sondern es finden sich an der Netzhaut noch mehrere, höchst eigenthümliche Lagen besonderer Gewebtheile, deren Beziehung zu dem Sehen freilich noch nicht gehörig ermittelt ist. Die äußere Lage der Netzhaut, welche unmittelbar an der schwarzen Aderhaut anliegt, wird von einer Menge pallisadenartig zusammengestellter, feiner Stäbchen gebildet, welche senkrecht auf der Fläche der Netzhaut stehen und mit einem länglichen, feinen Schwanze bis in die Aderhaut sich selbst einpflanzen. Die eigenthümliche glasartige, helle Beschaffenheit dieser Stäbchen, ihr nach innen gerichtetes, abgerundetes Ende und die schwanzartige Verlängerung auf der anderen Seite ließen früher glauben, daß die Primitivröhren des Sehnerven in diesen Stäbchen endigten; spätere Unter-

ſuchungen haben gezeigt, daß dieſe Anſicht falſch ſey und daß die Primitivröhren des Sehnerven durchaus mit den Stäbchen in keiner Verbindung ſtehen, indem dieſe nur den äußeren Beleg der Netzhaut bilden.

Der Sehnerve tritt, wie ſchon oben bemerkt wurde, nicht genau in der Mitte, ſondern ſeitlich nach innen von der Augenaxe in den Augapfel ein; in ſeiner Mitte verläuft eine Arterie, welche ſich auf der Netzhaut verbreitet, die Stelle, wo dieſe Arterie auf der vorderen Fläche der Retina erſcheint, iſt deßhalb wichtig, weil ſie natürlich für die Einwirkung des Lichtes unempfindlich iſt und deßhalb als ſchwarzer Fleck erſcheinen muß. An derjenigen Stelle, wo die Augenaxe auf die Netzhaut trifft, befindet ſich eine eiförmige, ziemlich intenſiv gefärbte Stelle, die etwa eine Linie im Durchmeſſer hat und der gelbe Fleck genannt wird. Die Netzhaut iſt der empfindende Theil des Auges; ihre Zerſtörung durch krankhafte Veränderung bedingt vollkommene Blindheit. Daſſelbe Reſultat wird durch Zerſtörung des Sehnerven hervorgebracht; bei Lähmung der Netzhaut fehlt derjenige Apparat, welcher die von außen zugeführten Bilder auffaßt; nach Zerſtörung des Sehnerven iſt die Zuleitung dieſer Bilder zum Gehirne und ſomit ihre Auffaſſung durch das Bewußtſeyn unterbrochen. Beiderlei Zuſtände begreifen wir unter dem Namen des ſchwarzen Staares oder der Amaurose. Die äußeren Augentheile ſind bei ſolchen Zuſtänden meiſt vollkommen geſund. Das Innere des Sehloches iſt klar und rein ſchwarz, wie bei einem geſunden Auge, und eine Operation, welche die übrigen Augentheile betreffen würde, durchaus unſtatthaft. Der gelbe Fleck der Netzhaut iſt der weſentlichſte Theil derſelben; die Bilder, welche ihn treffen, werden am deutlichſten und ſchärfſten, da er genau in der Axe des Auges liegt, und es iſt eine auffallende Erſcheinung, daß ſein Vorkommen im Thierreiche nur auf den Menſchen und einige Affen beſchränkt iſt.

Schneidet man das Auge eines weißen Kaninchens unmittelbar nach dem Tode aus und hält daſſelbe, nachdem man es ſorgfältig gereinigt hat, gegen ein Fenſter, ſo erblickt man

auf der hinteren Wand des durchscheinenden Auges, dessen Aderhaut durchsichtig und pigmentlos ist, das sehr zierliche Bild des Fensters nebst den draußen befindlichen Gegenständen, verkleinert und verkehrt. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man das Auge in eine zusammengewickelte Papierrolle so legt, daß seine Pupille nach vorn schaut und man nun hinten in die Röhre, welche alles seitliche Licht abhält, hineinschaut. Die umgebenden Gegenstände zeigen sich in wunderbar klarem Bildchen, mit ihren natürlichen Farben, in bestimmter Proportion verkleinert und verkehrt, so daß die Bäume z. B. oben zu wurzeln und ihre Spitze unten zu haben scheinen. Das Auge eines weißen Kaninchens ist deßhalb besonders geeignet zu diesem Versuche, weil seine Aderhaut, wie bei allen Kakerlaken, vollkommen durchscheinend ist; während bei den gewöhnlichen Augen dieselbe schwarz und undurchsichtig erscheint. Um bei einem normalen Auge denselben Versuch anzustellen, müßte man hinten in der Gegend der Augenaxe ein bedeutendes Stück der weißen Augenhaut der Sklerotika, wegnehmen und dann das schwarze Pigment der Aderhaut wegpinseln, so daß nur die matt durchscheinende Netzhaut überbleibt — abgesehen von der Langweiligkeit einer solchen Operation, würde aber das so behandelte Auge dennoch keine so deutlichen Bilder geben, als das weiße Kaninchenauge, dessen ursprüngliche Gestalt vollkommen erhalten ist, während durch die Wegnahme der weißen Augenhaut nothwendig die Form des Bulbus verändert und dadurch die Reinheit des Bildes gestört werden muß.

Es kehrt dieser einfache, leicht anzustellende Versuch, daß in dem Auge ein optischer Apparat verwirklicht ist, in welchem die umgebenden Gegenstände auf ein kleines, verkehrt stehendes Bild von großer Schärfe und Deutlichkeit reducirt werden und daß die verschiedenen Theile des Auges so construirt sind, daß dieses Bild auf der Netzhaut sich entwirft. Wir besitzen optische Apparate, welche zu gleichem Zwecke construirt sind und die wir dunkle Kammern, Camera obscura nennen. Diese Vorrichtungen bestehen, in ihrer einfachsten Construktion, aus einem

inwendig schwarz lackirten Kasten, auf dessen einer Fläche eine gläserne Linse, ein Brennglas angebracht ist. Gegenüber diesem Brennglase befindet sich, statt einer schwarzen Wand, eine mattgeschliffene, durchscheinende Glasplatte. Betrachtet man diese Glasplatte, so zeichnen sich die vor dem Brennglase befindlichen Gegenstände in verkleinertem und verkehrtem Bilde auf derselben, das Bild würde sich schon erzeugen, wenn man nur in der gehörigen Entfernung hinter dem Brennglase oder, um den wissenschaftlichen Ausdruck beizubehalten, hinter der Sammellinse die matte Glastafel anbrächte; es würde aber undeutlich, unrein ausfallen, wegen des überall einfallenden, falschen Lichtes; der innen schwarze Kasten, an welchem Sammellinse und Glastafel angebracht sind, dienet nur zur Abhaltung dieses falschen Lichtes, zur Absorption aller seitlich einfallenden Strahlen, welche die Reinheit des Bildes beeinträchtigen würden.

Vergleicht man nun den Bau des Auges mit der Construktion der Camera obscura, so lassen sich sogleich folgende Anhaltspunkte feststellen. Alle durchsichtigen Augentheile, die Hornhaut, die Krystalllinse und der Glaskörper zeigen keine flachen, sondern bogenförmige Oberflächen, sie stellen in ihrer Gesammtheit eine Sammellinse dar, die aus verschieden brechenden Theilen zusammengesetzt ist. Die Netzhaut, das empfindende Gebilde, entspricht durch ihre Mattigkeit und das Durchscheinende, das sie besitzt, vollkommen der matten Glastafel, während die weiße Augenhaut mit der an ihrer inneren Fläche ausgebreiteten Aderhaut dem innen schwarz lackirten Kasten der Camera obscura sich vergleichen läßt.

Die Lichtstrahlen, welche durch eine Sammellinse mit regelmäßig gebogenen Oberflächen gehen, werden alle in der Weise gebrochen, daß sie in einem bestimmten hinter der Linse gelegenen Punkte, welcher der Kreuzungspunkt heißt, sich vereinigen. Nur der Axenstrahl, d. h. derjenige Strahl, welcher durch das Centrum der Linse geht, wird ungebrochen in gerader Linie fortgeleitet, alle übrigen Strahlen hingegen werden von der Linse nach dem Axenstrahle hingebrochen und vereinigen sich mit

ihm in dem Brennpunkte oder Kreuzungspunkte. Faßt man daher mit einer Sammellinse das Bild der Sonne, eines kreisrunden Körpers auf, so bilden die durch die Linse durchgehenden Strahlen einen Kegel, in dessen Spitze sie sich sämmtlich vereinigen und dadurch eine größere Hitze hervorbringen. Wer hat sich nicht schon eines Brennglases bedient, um Zunder anzustecken? Man rufe sich die zu diesem Endzwecke nöthigen Manipulationen zurück. Anfangs hält man das Brennglas zu nahe, man sieht einen hellen Kreis auf dem Zunder. Man entfernt es; der Kreis wird immer kleiner. Ist man so weit, daß nur ein hellglänzender Punkt sich zeigt, so entbrennt der Zunder. Entfernt man das Brennglas noch mehr, so entsteht von neuem ein Kreis, der um so größer wird, je weiter es von dem Zunder absteht. Die Lichtstrahlen kreuzen sich in dem Brennpunkte und bilden von diesem an auseinandergehend einen zweiten Kegel, dessen Spitze in dem Brennpunkte liegt. Hat man nun zufällig die Sammellinse so gefaßt, daß der eine Finger seitlich auf derselben aufliegt, so daß z. B. ein Theil des linken Randes der Linse von dem Finger beschattet ist, so wird man in dem Kreise welcher entsteht, bevor der Zunder im Brennpunkte ist, den Schatten des Fingers auf der linken Seite sehen, während bei größerer Entfernung, über den Brennpunkt hinaus, der Schatten des Fingers auf der umgekehrten, also rechten Seite sich findet. Es bedarf nicht mehr, als dieses einfachen Versuches, um sich zu überzeugen, daß die von einer Sammellinse aufgefaßten Strahlen sich wirklich in dem Brennpunkte kreuzen und hinter dem Brennpunkte demnach ein verkehrtes Bild des Gegenstandes bilden muß, wo rechts und links, oben und unten mit einander verwechselt sind. Die Verhältnisse des Bildes bleiben die nämlichen, nur seine Stellung ist eine verschiedene.

Der oben erwähnte Versuch mit dem Kaninchenauge beweist, daß diese Verhältnisse in dem Auge verwirklicht sind und hier nur die Complikation eintritt, daß nicht ein, sondern mehrere brechende Körper hinter einander aufgestellt sind, deren Effekte zusammengenommen die Herstellung eines verkleinerten Bildes

auf der Netzhaut zur Folge haben. Die Hornhaut, mit ihrer kreisförmigen Wölbung, welcher die Fläche der wässerigen Flüssigkeit natürlich folgt, bedingt schon eine bedeutende Brechung der Lichtstrahlen nach der Axe zu, welche noch durch die Krystallinse verstärkt wird. Dieses aus koncentrischen Faserlagen gewobene Gebilde ist vorne mehr flach und einer Ellipse nach gekrümmt, während die hintere Fläche den Abschnitt einer Parabel darstellt. Die praktische Optik hat bis jetzt vergebens versucht, parabolische Linsen darzustellen; ihre Schleifung ist, wie es scheint, eine Unmöglichkeit. Es würde hier zu weit führen, und gehört auch wesentlich einer andern Wissenschaft, der Optik an, wenn wir zeigen wollten, warum elliptische und namentlich parabolische Oberflächen für Sammellinsen die geeignetsten sind. Bei Linsen, deren Oberflächen Kugelabschnitte darstellen, tritt die sogenannte sphärische Aberration ein; Lichtstrahlen nämlich, welche den Rand der Linse unter einem gewissen Winkel treffen, werden nicht genau in den Brennpunkt, sondern vor oder hinter denselben gebrochen und solche Linsen erzeugen daher hinter dem Brennpunkte Bilder, welche nicht rein sind. Man kann diesen Uebelständen, die selbst bei der bestgeformten sphärischen Linse sich zeigen, einestheils dadurch abhelfen, daß man den Rand der Linse den Seitenstrahlen entzieht, indem man eine Blendung vor derselben aufstellt, welche schwarz gefärbt ist und in der Mitte eine mehr oder minder große Oeffnung zeigt. Es werden durch eine solche Blendung die Axenstrahlen und die denselben zunächst liegenden, ziemlich parallelen Strahlen eingelassen, die Randstrahlen aber ausgeschlossen. Es gehört indeß eine genaue Berechnung der Brechungskraft, so wie der gekrümmten Oberfläche der Linse und zugleich eine bestimmte Entfernung des Objektes dazu, um dem Bilde die größtmögliche Schärfe zu geben, und Sammellinsen, welche in verschiedenen Weiten gebraucht werden, bedürfen demnach Blendungen von verschiedener Größe, die man je nach Beschaffenheit und Entfernung des Objektes wechseln kann. Blendungen sind indeß nie hinreichend, um die sphärische Aberration gänzlich aufzuheben; es gehören dazu

noch ferner eine Abänderung der Curven in elliptische und parabolische und endlich eine Verdünnung der Substanz der Linse selbst am Rande, wodurch die Randstrahlen eine geringere Brechung erleiden, und so wieder in den Brennpunkt gelangen, vor dem sie sich vereinigt haben würden, wenn die Linse in allen ihren Theilen aus derselben, überall gleich dichten Substanz verfertigt wäre.

Die praktische Optik hat diese Bedürfnisse nicht alle in gleichem Maße verwirklichen können. Es ist ihr unmöglich, parabolische Linsen herzustellen; sie kann ihre Linsen nur aus einem Materiale, etwa Glas oder Krystall schneiden, das überall gleich dicht ist; ihre Blendungen können gewechselt, aber nicht allen möglichen Abstufungen angepaßt werden. In dem Auge hingegen sind alle Bedingungen vereinigt. Die hintere Linsenfläche ist parabolisch, die vordere elliptisch; die äußeren Schichten der Linse sind weniger dicht, brechen das Licht weniger stark, als der innere Kern und die Randstrahlen werden deßhalb um so weniger gebrochen, je mehr seitlich sie einfallen; endlich hat die Natur in dem beweglichen Vorhange der Iris oder Regenbogenhaut eine veränderliche Blendung hergestellt, welche sich allen verschiedenen Erfordernissen anzupassen vermag und stets der Pupille diejenige Weite gibt, welche zur Herstellung eines scharfen Bildes erforderlich ist. Die Bewegungen der Regenbogenhaut sind unwillkührliche, durch Reflexion bedingte Bewegungen, die mit der Lichtempfindung auf der Netzhaut in Verbindung stehen. Je heftiger der Reiz ist, der diese trifft, desto enger zieht sich die Regenbogenhaut zusammen, desto kleiner wird die Pupille; je mehr wir die Netzhaut bei Betrachtung eines Gegenstandes anstrengen, um so mehr zieht sich die Pupille zusammen und um desto schärfer wird das Bild, das sich der Netzhaut bietet. Zerstörung des Sehnerven, Lähmung der Netzhaut bedingen auch Unbeweglichkeit der Regenbogenhaut und starre Fixation der Pupille, während bei gesundem Sehvermögen diese wunderbare contraktile Blendung in stetem Spiele sich befindet, um, je nach dem Bedürfnisse des Sehaktes, die Oeffnung, welche den Lichtstrahlen geboten ist, kleiner oder größer zu stellen.

Der Kreuzungspunkt, welcher durch die Vereinigung der angeführten Mittel hergestellt wird, liegt in dem menschlichen Auge in geringer Entfernung hinter der Linse, etwa in der Hälfte der Länge der Augenaxe. Merkwürdiger Weise ist derselbe Punkt auch das Centrum, um welches unsere Augen bei ihren Bewegungen sich drehen. Wie wir auch unsere Augen stellen mögen, nach oben, unten, außen oder innen, der Kreuzungspunkt bleibt stets an derselben Stelle, er ist zugleich der Drehpunkt für die Bewegungen des Augapfels, der sich in der Augenhöhle wie in einem Nußgelenke umherwälzen kann. Die Kugel, welche sich in einem Nußgelenke befindet, kann nicht seitlich ausweichen, da sie überall in der Peripherie fixirt ist; vermöge ihrer Kugelform aber kann sie sich nach allen Richtungen hin umdrehen, ohne daß ihr Mittelpunkt verändert wird. Es ist eine äußerst merkwürdige Einrichtung bei dem Auge, daß der statische Mittelpunkt, um welchen das Auge durch seine mechanischen Vorrichtungen gedreht wird, zusammenfällt mit dem optischen Mittelpunkte des Organes. Das so eingerichtete Instrument erhält bei möglichster Beweglichkeit zugleich eine außerordentliche Präcision in seinen Bewegungen, während die Punkte der Oberfläche, welche sich über Kreisabschnitte drehen, nur sehr wenig Raumveränderung vorzunehmen haben, um eine bedeutende Axendrehung herzustellen.

Der schon öfter erwähnte Fundamentalversuch mit dem weißen Kaninchenauge, enthält noch mancherlei Folgerungen, welche in der Construktion des Auges als optisches Werkzeug begründet liegen und deren nähere Erörterung zum Begreifen des Sehprozesses höchst wichtig ist. Richtet man das präparirte Kaninchenauge gegen ein Fenster, durch welches sich Häuser, Bäume, Berge in der Ferne, kurz eine ganze Landschaft zeigt, so erhält man auf der hinteren Seite ein verkleinertes Bild, dem das Fenster als Einfassung dient. Je ferner die Gegenstände, desto kleiner erscheinen sie; ein Berg am Horizonte erscheint kaum so groß, als der Schornstein eines gegenüberstehenden Hauses. Es beruht diese Verkleinerung der entfernten Gegenstände,

auf welcher unsere ganze Malerkunst, unsere Perspektive beruht, einzig und allein auf der Vergrößerung oder Verkleinerung des Sehwinkels, unter welchem die Gegenstände erscheinen. Man halte einen Bleistift von einer gewissen Länge dem Auge in einer Entfernung von 5 oder 6 Zollen gegenüber und denke sich nun von allen Punkten dieses Bleistiftes Linien nach dem Kreuzungspunkte des Auges gezogen. Das Bleistift wird so zur Basis eines Dreieckes, dessen Spitze in dem Kreuzungspunkte liegt und wenn ich in der geometrischen Construktion fortfahrend die im Kreuzungspunkte des Auges sich treffenden Linien bis zur Netzhaut verlängere, so erhalte ich auf dieser ein umgekehrtes Bild, das ebenfalls als Basis eines Dreieckes betrachtet werden kann, dessen Spitze im Kreuzungspunkte liegt und dessen Schenkel von den äußersten Strahlen gebildet werden, die von den beiden Enden des Bleistiftes herstammen. Jedes Dreieck besteht aus drei Winkeln; derjenige Winkel, welcher durch die äußersten Strahlen in dem Kreuzungspunkte gebildet wird, heißt der Sehwinkel, unter dem ich das Objekt erblicke.

Je weiter man die Seite eines Dreieckes von der gegenüberstehenden Ecke entfernt, desto kleiner wird der Winkel, unter welchem die beiden Schenkel des Dreieckes in der Spitze zusammentreffen. Je weiter mithin ein Gegenstand von dem Auge entfernt ist, desto kleiner wird der Sehwinkel, unter welchem seine äußersten Strahlen im Kreuzungspunkte zusammentreffen und desto kleiner wird auch das Bild, welches er auf der Netzhaut erzeugt. Ein Objekt, welches in größerer Nähe einen gewissen Raum darbot, wie z. B. eine Scheibe, wird in größerer Entfernung nur wie ein Stecknadelknopf, noch weiter wie ein Punkt von kaum räumlicher Ausdehnung, endlich gar nicht mehr gesehen; weil bei zu großer Entfernung endlich der Gesichtswinkel auf ein Minimum reducirt wird und kein Bild mehr auf der Netzhaut erzeugt werden kann.

Die Bestimmung des kleinsten Sehwinkels, unter welchem ein Gegenstand noch wahrgenommen werden kann, unterliegt manchen Schwierigkeiten. So viel ich weiß, hat man noch nicht

versucht, denselben objektiv zu bestimmen, indem man an ausgeschnittenen Augen versuchte, bis zu welchem Grade ein noch wahrnehmbares Netzhautbildchen im Grunde des Auges entstehen würde; sondern man hat an den Augen lebender Menschen zu bestimmen gesucht, welche Größe ein Objekt haben müsse, um gerade noch wahrgenommen werden zu können und hat sodann aus den erhaltenen Resultaten, bei den bekannten Dimensionen des Auges, die Größe des Sehwinkels und des Netzhautbildchens berechnet. Es müssen solche Berechnungen etwas Schwankendes haben, da nicht nur die Augen sehr bedeutende individuelle Verschiedenheiten darbieten, sondern auch dasselbe Individuum bei günstiger Stimmung weit schärfer, genauer und klarer sieht, als zu anderen Zeiten. Eben so bieten Farbe, Beleuchtung und Abgränzung des Körpers, welchen man besieht, die mannichfachsten Gründe zu vielfachem Wechsel. Ein scharf und hell beleuchteter weißer Punkt auf schwarzem Grunde, kann eine weit geringere Größe besitzen, als ein anderer hellgrauer Punkt auf etwas dunkler grauem Grunde und während ersterer scharf und deutlich wahrgenommen wird, läßt letzterer sich nicht mehr erkennen. Indeß bieten solche Messungen stets gewisse Gränzen dar, innerhalb welcher die Körper bei günstiger Beleuchtung wahrgenommen werden. Man hat gefunden, daß Striche, die nur 0,007 Millimeter von einander entfernt, scharf auf Glas eingerissen sind, bei günstiger Beleuchtung und gehöriger Sehweite noch vollkommen deutlich unterschieden werden können, was bei einer Sehweite von 248 Linien im gegebenen Falle ein Netzhautbildchen von etwa einem Zweimalhunderttausendtheil eines Pariser Zolles geben würde, woraus sich ein Sehwinkel von etwa 2—3 Sekunden ergibt. Gegenstände, welche noch kleinere Netzhautbildchen erzeugen würden und einen noch kleineren Sehwinkel hätten, müßten begreiflicher Weise ganz aus dem Gesichte verschwinden und uns unsichtbar bleiben.

Die Berechnung der Entfernungen, unter welchen uns Gegenstände erscheinen, ist für uns eine oft unwillkührliche Abstraktion aus dem Gesichtswinkel, unter welchem uns bekannte Gegen-

stände erscheinen, und Leute, für welche diese Bestimmung von Wichtigkeit ist, haben oft Regeln, nach welchen sie die Entfernungen sehr genau abschätzen können. Der Alpenjäger weiß, daß der Gemsbock erst dann sich in gehöriger Schußweite befindet, wenn seine beiden Hörner mit Deutlichkeit unterschieden werden können; dem Schützen ist aus Erfahrung bekannt, daß er bei einer bestimmten Entfernung nicht mehr die Knöpfe an der Uniform seines Feindes unterscheidet, in noch größerer den Pompon und in noch bedeutenderer die Epauletten. Wir wissen ebenfalls aus ungefährer Kenntniß die etwaige Größe eines Hauses, eines Baumes und bestimmen daraus bei dem Anblicke einer Landschaft die etwaigen Entfernungen. Täuschungen in dieser Hinsicht sind ungemein leicht in solchen Gegenden, wo uns die gewöhnlichen Maßstäbe unserer Berechnung fehlen. In den höheren Gebirgen, wo die Tanne, statt 60 Fuß Höhe, nur 20 erreicht, wo die großartigsten Felsen, die gewaltigsten Gletscher keine anderen Linien und keine anderen Farben bieten als kleine Steine und Stücke Eis, in solchen Gegenden wird das Schätzungsvermögen der Entfernung gewaltig betrogen. Man glaubt die kleinsten Ritze, die winzigsten Steinchen zu sehen, wo man nur gewaltige Klüfte und riesige Felsen vor sich hat; man vergißt die Kleinheit der Bäume und sieht so alle Gegenstände viel näher, als sie in der That sind. Wie sehr alle diese Berechnungen der Entfernung aber eben nur Folge der Uebung und der Gewohnheit sind, das zeigen die Kinder, die Blindgeborenen, denen eine Operation das Gesicht wieder gibt. Diese greifen nach dem Monde, als wäre er im Bereiche ihrer Hände und erst nach und nach lernen sie sehen und nach den Entfernungen abmessen. Das Bild, welches auf unserer Netzhaut entsteht, ist demnach kein körperliches, sondern ein Flächenbild, welches wir mit unserem geistigen Auge, dem Verstande, ebenso zu betrachten uns einüben, als wir die Bilder, welche die Malerei uns vorführt, studiren. Die Entfernung und das Relief der Gegenstände werden uns durch unser Auge nicht unmittelbar gegeben; sie sind erst das Resultat der Uebung, die wir im Gebrauche unseres Instrumentes erlangen

und die Beurtheilung des Reliefs namentlich entsteht für uns nur aus der Beobachtung der Schatten. Die eingegrabenen vertieften Buchstaben eines Siegelringes z. B. erscheinen uns erhaben, sobald wir sie mit einer das Bild umkehrenden Lupe betrachten. Wir kehren dadurch die Schatten ebenfalls um.

Es gibt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es die Gegenstände am schärfsten und deutlichsten wahrnimmt. Bei gewöhnlichen guten Augen beträgt diese Entfernung etwa acht Zoll; man nennt dies die normale Sehweite. Unwillkührlich bringen wir bei Untersuchung von Gegenständen, die wir bis in ihre kleinsten Einzelheiten betrachten wollen, meist auch beim Lesen, Schreiben, Handarbeiten u. s. w. unser Auge in die Entfernung seiner Sehweite. Ungemein häufig finden sich indeß Abweichungen der Augen von dieser normalen Sehweite. Ist sie geringer, so ist Kurzsichtigkeit — wenn größer, Weitsichtigkeit die Folge und meist sogar lassen die beiden Augen Unterschiede in ihrer mittleren Sehweite entdecken. Die Ursachen dieser Abweichungen liegen besonders in größerer oder geringerer Wölbung der lichtbrechenden Oberflächen des Auges. Kurzsichtige haben meist eine stärker gewölbte, Weitsichtige eine mehr flache Hornhaut und sehr wahrscheinlich liegt bei solchen Individuen, wo eine stärkere oder geringere Wölbung der Hornhaut nicht wahrgenommen werden kann, die Ursache in der Krümmung der Linsenoberflächen oder auch in der größeren oder geringeren Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut. Junge Leute mit prallem Augapfel sind häufig kurzsichtig wegen zu starker Wölbung der Hornhaut; mit zunehmendem Alter, wo diese Prallheit abnimmt, die Wölbung geringer wird, verliert sich auch die Kurzsichtigkeit und es begegnet nicht selten, daß solche Leute in höherem Alter weitsichtig werden und nun Sammellinsen gebrauchen müssen, während sie in ihrer Jugend zum Tragen von Zerstreuungsbrillen genöthigt waren. Der Kurzsichtige sieht kleine Gegenstände, denen er sich hinlänglich nähern kann, besser als der Weitsichtige, weil er eben bei größerer Näherung zum Auge einen größeren Gesichtswinkel für dieselben erhält; er braucht

aus demselben Grunde weniger Licht als der Weitsichtige und für solche Beschäftigungen, die scharfes Sehen in der Nähe verlangen, ist der Kurzsichtige offenbar begünstigt, während ihm namentlich im Freien der Genuß der Landschaften und Aussichten, die dem Weitsichtigen vergönnt sind, bedeutend verkürzt ist.

Die Beschäftigung des Menschen, sein Stand und seine Lebensart üben, abgesehen von dem Alter, den größten Einfluß auf die Sehweite der Augen aus. Die sitzende Lebensart unserer Jugend, die stete Beschäftigung mit Lesen und Schreiben haben die Kurzsichtigkeit allgemein verbreitet und leider! droht die körperliche Infirmität auch in eine geistige auszuarten. Der Gebrauch von Wandtafeln, Wandkarten und anderweitigen Hülfsmitteln der Art, welche den Schüler zwingen, den Blick zuweilen auf etwas entferntere Gegenstände, als Buch und Heft zu richten, kann nicht ausreichen, obgleich auch dieses geringe Mittel nicht zu verschmähen ist. Beschäftigung in der freien Natur, eifrigeres Betreiben der Naturwissenschaften, nicht nur in einem Schulsaale bei pedantischen Büchern, trockenem Pflanzenheu und vermotteten Thierbälgen, sondern draußen bei Wind und Wetter, in Feld und Wald wäre das rechte Mittel, der Kurzsichtigkeit entgegen zu arbeiten. Statt dessen aber erfindet man Apparate griechischen Namens, worin sieben O's mit einigen Ypsilons abwechselnd sich bestreben, eine Verrenkung der Kinnbacken zu erzeugen! Wie dem auch sey, statistische Untersuchungen haben herausgestellt, daß im Durchschnitte unter hundert Schülern und Studenten von 16—25 Jahren, 94 Kurzsichtige sich befinden; daß unter den Gelehrten dies Verhältniß etwas nach Alter und Beschäftigung abnimmt, so daß theoretische Bücherwürmer 84, praktischer beschäftigte Gelehrte nur 63 Procent Kurzsichtige zählen, während Männer höherer Stände eine noch höhere Verhältnißzahl, nämlich 67 bekommen. Kaufleute die den größten Theil ihres Lebens am Büreau zubringen, haben 63 Procent Kurzsichtige, während Ladendiener, Commis, Magazinbeamte, die weniger sitzende Lebensart im Kaufmannsstande führen, 48 Procent Weitsichtige zählen. Soldaten, Künstler, Schuster und

Schneider zählen mehr als die Hälfte Weitsichtiger; Jäger und Ackerbauer endlich zeigen die günstigsten Verhältnisse für die Weitsichtigkeit, indem sich unter ihnen 74 auf hundert finden.

Der so deutlich ausgeprägte Einfluß der Beschäftigung auf die Sehweite der Augen beweist zugleich, daß diese sich in gewisser Gränze den Entfernungen anzupassen vermögen, welche gewöhnlich ihnen dargeboten werden. Es gibt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welches es am schärfsten und genauesten sieht; von dieser Sehweite an, nehmen die Bilder in der Nähe wie in der Ferne an Deutlichkeit ab. Unser Auge kann sich aber verschiedenen Entfernungen anpassen; es besitzt ein Akkommodationsvermögen, nach welchem es, noch innerhalb der Gränzen der deutlichen Bilder, sich den verschiedenen Entfernungen anzupassen vermag. Ein Individuum, das lange aufmerksam gelesen oder geschrieben hat, und nun plötzlich durch das Fenster nach einem entfernteren Gegenstande, etwa einer Thurmuhr blickt, auf welcher es die Stunde zu sehen gewohnt ist, sieht in dem ersten Augenblicke das Zifferblatt verwaschen, die Zahlen und Zeiger verschwimmend und erst nach einigen Sekunden gestaltet sich das Bild schärfer und schärfer, bis man deutlich Ziffern und Zeiger erkennt. Das Auge hat sich hier den verschiedenen Entfernungen, die ihm geboten wurden, angepaßt und es muß offenbar eine innere Veränderung im Auge vor sich gegangen seyn, wodurch die Verhältnisse der optischen, lichtbrechenden Medien zu der Netzhaut in dem Grade verändert wurden, daß nun das Bild der entfernten Gegenstände deutlich auf derselben entworfen wird. Man hat vielfach zu bestimmen gesucht, auf welcher inneren Veränderung dies Akkomodationsvermögen beruhe; ohne zu genügenden Resultaten zu kommen. Die Verhältnisse der kurz- und weitsichtigen Augen mußten zuerst auf die Vermuthung bringen, daß die Hornhaut beim Anpassen an entfernte Gegenstände abgeplattet, beim Nahesehen gewölbt würde; allein unmittelbare Beobachtung scheint diese Annahme nicht zu bestätigen. Ebenso wenig hat die Zusammendrückung des Augapfels durch die Muskeln einigen Grund für

sich. Die wahrscheinlichste Annahme bleibt noch die, daß die Krystalllinse selbst im Inneren des Auges etwas Weniges vor und rückwärts bewegt werden könne und daß durch diese Veränderung der Entfernung zwischen Krystalllinse und Netzhaut die Akkomodation vermittelt werde. Man hat berechnet, daß es nur eines Vorrückens der Linse, von etwa einem Zehntel einer Linie bedürfe, um das Auge allen möglichen Entfernungen anzupassen und es ist leicht einzusehen, daß bei der Undurchsichtigkeit der seitlichen Wände des Augapfels, der großen Beweglichkeit desselben und der ziemlich freien Lage, Bewegungen, welche in dem Inneren dieses Organes vor sich gehen und innerhalb des zehnten Theiles einer Linie spielen, gar nicht thatsächlich nachgewiesen werden können. Die Möglichkeit einer solchen Bewegung ist aber allerdings gegeben durch die Art und Weise, mit welcher die Linse an der ihr angewiesenen Stelle im Auge befestigt ist.

Durch mannichfache Versuche läßt sich zeigen, daß die Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut, bei sonst gleich bleibender Beschaffenheit der übrigen Augentheile, einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Netzhautbilder üben müsse und daß die Stellung dieser Bilder bei Entfernung oder Näherung der Gegenstände eine sehr verschiedene sey. Der sogenannte Scheiner'sche Versuch, den Jeder leicht anstellen kann, ist in dieser Beziehung wohl einer der einfachsten Fundamentalversuche. Man sticht mit einer nicht zu dicken Stecknadel in ein Kartenblatt zwei Löcher, welche höchstens zwei Millimeter von einander abstehen und hält nun das Kartenblatt so vor das Auge, daß man durch beide Löcher zugleich mit dem Auge sieht. Betrachtet man nun eine Stecknadel, die man in verschiedene Entfernungen vor- und rückwärts bewegt, so sieht man dieselbe in der normalen Sehweite des Auges bei etwa 6 — 10 Zoll Abstand, einfach. In jeder andern Entfernung, näher und entfernter von dem Auge wird die Stecknadel doppelt gesehen und zwar entfernen sich die Doppelbilder um so mehr von einander, je näher oder weiter von dem Auge man die Stecknadel hält. Bringt man dieselbe dem Auge zu nahe und hält man nun das Loch auf der rechten Seite zu, so verschwindet das

Doppelbild auf der linken Seite und umgekehrt; hält man aber die Stecknadel über die Sehweite hinaus und verstopft man nun das Loch auf der rechten Seite, so verschwindet das Doppelbild auf der rechten Seite und nicht auf der linken, wie es bei zu großer Näherung der Fall war.

Die Erklärung dieses Versuches läßt sich bei einigem Nachdenken leicht finden. Die Lichtstrahlen, welche von dem linien- oder punktförmigen Objekte ausgehen, gelangen durch die beiden Löcher des Kartenblattes in das Auge, sie bilden mithin einen Winkel, dessen Spitze in der Stecknadel liegt und dessen Oeffnung von der Entfernung der beiden Löcher von einander abhängt. Durch die Linse werden die Lichtstrahlen nach innen gebrochen, so daß sie sich in einem gewissen Punkte hinter der Linse wieder schneiden müssen. Steht nun die Stecknadel in der richtigen Sehweite, so fällt der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen genau auf die Netzhaut; es entsteht somit auf dieser nur ein einzelnes Bild und es wird demnach auch nur ein einfaches Bild empfunden und gesehen.

Wird hingegen die Stecknadel zu weit von dem Auge entfernt, so wird die Brechung der eintretenden Strahlen so gering, daß sie erst weit hinter der Netzhaut einander schneiden werden. Die Lichtstrahlen treffen demnach auf verschiedene Stellen der Netzhaut und entwerfen dort Bilder, die als verschieden aufgefaßt und empfunden werden. Das Gegentheil findet Statt bei zu großer Näherung; die unter starkem Winkel einfallenden Strahlen werden stark gebrochen und schneiden einander im Inneren des Auges, noch ehe sie zur Netzhaut gelangen, so daß sie auf dieser gekreuzte Bilder entwerfen. Aus dieser Kreuzung im Inneren des Auges erklärt sich dann auch der Umstand, daß bei zu großer Näherung des zu betrachtenden Gegenstandes und beim Zuhalten des einen Loches, das Doppelbild der entgegengesetzten Seite verschwindet, während bei übermäßiger Entfernung, wo sich die Strahlen erst hinter der Netzhaut kreuzen würden, das Doppelbild derselben Seite verschwindet.

Eine sehr wesentliche Bedingung zum deutlichen Sehen ist

ferner die Stellung der Bilder auf der Netzhautfläche selbst. Es wurde schon früher angeführt, daß nicht alle Theile der Netzhaut gleichgut die Eindrücke auffaßten, welche sie empfangen, und daß namentlich die Axenstrahlen, welche den gelben Fleck und dessen nächste Umgebung treffen, die deutlichsten Bilder und die genaueste Auffassung gestatten. Es gibt sogar eine Stelle in der Netzhaut, welche vollkommen unempfindlich für die Lichtstrahlen ist. Es liegt diese Stelle etwas nach innen von dem gelben Flecke an der Eintrittsstelle des Sehnerven und wenn man sich erinnert, daß dieser in der Mitte von einer Arterie durchbohrt ist, welche auf der Innenfläche der Netzhaut in mehrere Aeste sich spaltet, so wird man den Grund dieser unempfindlichen Stelle leicht einsehen. Der alte Physiker Mariotte, dem wir die Bestimmung des Gesetzes vom Luftdrucke und dessen Abnahme nach oben verdanken, hatte schon durch Versuche diese Stelle ermittelt. Um sich von der Thatsache zu überzeugen, bedarf es nur zweier Punkte, die man auf einen weißen Bogen in einer horizontalen Entfernung von zwei bis drei Zollen aufträgt. Betrachtet man nun diese Punkte mit einem Auge, während man das andere zuhält, aus der Entfernung von 5—8 Zollen und fixirt man den nach innen gelegenen Punkt, so wird man bald nach einigem Suchen und Verändern der Kopfstellung einen Moment finden, wo der äußere Punkt durchaus nicht mehr gesehen wird. Genauere Bestimmung dieser Richtung lehrt dann, daß der von dem äußeren Punkte ausgehende Lichtstrahl mit der Sehare einen Winkel von 13 — 17 Graden machen muß, wenn er nicht empfunden werden soll, und daß die Verlängerung des Lichtstrahles genau auf die Centralarterie der Netzhaut treffen würde.

Wir haben in dem Vorhergehenden das Sehen in einer Weise abgehandelt, als wenn es sich nur auf ein einziges Auge bezöge; zwei Augen zu besitzen, ist indeß durchaus kein Luxus und die Natur hat Vorrichtungen getroffen, welche dahin zielen, diese beiden Instrumente in steter Uebereinstimmung zu erhalten. Wir besitzen zwei Augen und sehen dennoch nur einfach; es fragt

sich wie es komme, daß die beiden, auf unseren Netzhäuten entworfenen Bilder nur als ein einziges aufgefaßt werden. Man hat durch Versuche gefunden, daß alle Bilder einfach empfunden werden, sobald sie in beiden Augen so auf den Netzhäuten sich darstellen, daß sie in gleicher Entfernung von der Sehare auf entgegengesetzte Seiten fallen. Ein Gegenstand, dessen Bild im linken Auge eine Linie weit nach außen von dem Ende der Sehare (dem gelben Flecken) sich entwirft, wird nur dann einfach gesehen, wenn sein Bild in dem rechten Auge eine Linie weit nach innen sich spiegelt. Man nennt diese Punkte die identischen Punkte der Netzhaut und alle diejenigen Punkte der beiden Netzhäute sind identisch, die einander decken würden, wenn man die Augen beider Seiten nach der Mittellinie hin übereinander schieben würde. Die innere Seite des einen Auges würde dann die äußere decken, während die beiden Axen dieselben seyn würden.

Bei dem gewöhnlichen Sehen richten wir indeß stets unsere Augen so, daß ihre Axen in demjenigen Punkt convergiren, welchen man genauer fixiren will, und es läßt sich leicht durch den einfachsten Versuch beweisen, daß diese Convergenz der beiden Augenaxen wirklich bei dem Fixiren irgend eines Gegenstandes eintritt. Heftet man den Blick auf das Kreuz eines Fensters, hinter welchem in der Ferne ein Thurm steht, so erscheint das Kreuz einfach, der Thurm doppelt und hält man nun noch den Finger in einiger Entfernung gerade vor die Nase, so erscheint auch dieser doppelt. Schließt man nun das rechte Auge, so verschwindet das Doppelbild des Fingers auf der linken Seite und das Doppelbild des Thurmes auf der rechten Seite, ein Beweis, daß eine wirkliche Kreuzung der Seharen statt findet.

Die Kreislinie hat die Eigenschaft, daß alle möglichen Dreiecke, welche eine gemeinschaftliche Sehne des Kreises zur Basis haben und deren Spitze in der Peripherie liegt, auch gleiche Winkel an der Peripherie haben. Bei der Einstellung beider Seharen auf einen gewissen Punkt aber bilden die beiden Seharen die Schenkel eines Dreieckes, dessen Basis durch die Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen bestimmt ist, und

dessen Spitze eben in dem Schneidepunkte der Sehaxen liegt. Nimmt man nun diese Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen als die Sehne eines Kreises, dessen Peripherie noch ferner durch den Schneidepunkt der Sehaxen bestimmt ist, so müssen alle Dreiecke, welche man innerhalb dieses Kreises auf der gegebenen Sehne construirt, an der Spitze gleiche Winkel haben, folglich ihre Schenkel unter gleichen Winkeln in die Augen einfallen und an identische Netzhautstellen gebrochen werden. Man nennt diesen Kreis, welcher durch die Kreuzungspunkte beider Augen und den Schneidepunkt der Augenaxen gelegt ist, den Horopter oder Sehkreis und es geht aus dem angeführten geometrischen Gesetze hervor, daß alle an der Peripherie des Horopter gelegenen Gegenstände einfach gesehen werden, während die innerhalb sowohl als außerhalb gelegenen Objekte Doppelbilder erzeugen, weil ihre Bilder auf differente Netzhautstellen fallen. Sobald die Sehaxen einander in keinem Punkte schneiden, so kann auch kein Horopter geometrisch construirt werden und folglich kein einfaches Bild erzeugt werden; wir wissen in der That, daß beim Hinstarren auf einen Gegenstand, wo wir die Augenaxen allmählig parallel mit einander stellen, alle Gegenstände doppelt gesehen werden.

Zu scharfem, deutlichem Einfachsehen mit beiden Augen gehört demnach nothwendig die vollkommene Beweglichkeit der beiden Augäpfel, wodurch die Sehaxen mit gleicher Leichtigkeit nach demselben Punkte gerichtet werden können. Bei verschiedener Schärfe beider Augen gewöhnt man sich indeß sehr leicht, nur das bessere Auge zu gebrauchen und das schwächere gar nicht auf den Gegenstand einzustellen; hierauf, so wie auf manchen anderen krankhaften Verhältnissen, beruht sehr oft das Schielen. Es würde zu weit führen, hier auf die ursächlichen Bedingungen der abnormen Augenstellungen, welche man unter diesem Ausdrucke begreift, einzugehen; — es ist leicht einzusehen, welchen Nachtheil eine solche krankhafte Stellung der Augen, wobei beide Augenaxen nicht auf denselben Punkt eingestellt sind, auf den Sehprozeß im Allgemeinen ausüben müssen.

Jedes auf der Netzhaut erzeugte Bild bedarf einer gewissen Zeit, während welcher es empfunden wird; die Dauer, so kurz sie auch seyn mag, läßt sich durch mechanische Verrichtungen bestimmen. Jeder weiß, daß eine glühende Kohle, die man mit großer Geschwindigkeit im Kreise schwingt, nicht als runder Körper, sondern als glühender Kreis erscheint. Jedenfalls entstehen eben so viele Netzhautbildchen bei dem Umschwunge, als die Kohle Punkte im Raume berührt; die Kohle hat aber ihren Umschwung vollendet, und ein letztes Netzhautbildchen erzeugt, ehe die Empfindung des ersten noch verschwunden ist und so erscheint sie als feuriger, zusammenhängender Kreis. Eine Menge niedlicher Spielwerkzeuge beruhen auf dieser Dauer des Netzhautbildchens. Man malt auf eine Scheibe, die man schnell drehen kann, z. B. einen Seiltänzer in zwölf verschiedenen Stellungen. Auf dem ersten Bildchen steht er aufrecht, im zweiten erscheint er etwas über dem Seile, im dritten höher, im vierten noch höher und so fort bis zum letzten, so daß alle verschiedenen Bilder die einzelnen, im Sprunge und Tanze auf dem Seile ausgeführten Bewegungen in rhythmischer Reihenfolge darstellen. Dreht man nun schnell die Scheibe, so scheint der Seiltänzer in lebhafter Tanz- und Sprungbewegung, weil jedes neue Bildchen erscheint, ehe der Eindruck des alten verschwunden war, und so die Verschmelzung der Bilder den Gesammteindruck der Bewegung hervorruft. Durch Bestimmung der Drehungsgeschwindigkeit solcher Apparate hat man berechnet, daß die Dauer eines Netzhautbildchens etwa 2—3 Tertien betrage, mithin jeder Eindruck, der sich innerhalb dieser Zeit wiederholt, als mit vorigen verschmolzen empfunden wird.

Unser Auge ist ein vollkommen achromatisches Werkzeug, d. h. es sieht die Gegenstände in den Farben, welche ihnen zugehören. Indeß kommen nicht selten Menschen vor, welche einzelne Farben nicht unterscheiden können und der bekannte Physiker Dalton namentlich war in diesem Falle. Das Grün eines Buchbaumes, welcher in frischem Blätterschmucke des Frühlinges prangte, schien ihm genau dieselbe Farbe, wie der rothe

Uniformrock eines englischen Offiziers. Man hat mannigfache Untersuchungen über diesen angebornen Mangel des Farbensinnes angestellt und gefunden, daß es im Durchschnitte die complementären Farben sind, welche mit einander verwechselt werden.

Die Farben der Körper spielen eine wesentliche Rolle bei den Gesichtsempfindungen. Nicht nur, daß das deutliche Sehen sehr oft nur von der Verschiedenheit der Farben abhängt, indem man eine hellere Farbe leichter unterscheidet als eine dunklere, sondern die Eindrücke der Farben selbst bestimmen unsere Netzhäute zu Reaktionen, die man unter dem Namen der farbigen Nachbilder bezeichnet und die sich nach dem Gesetze der Regenbogenfärben ergänzen. Die complementäre Farbe zu Orange ist Blau, zu Grün Roth u. s. w. Betrachtet man nun einen hellrothen oder hellgelben Gegenstand lange auf weißem Grunde, bis das Auge ermüdet und blickt man weg, so erscheint das Ergänzungsbild in grüner oder blauer Farbe. Man hat diese Reaktion der Netzhaut zu mancherlei Spielwerken benutzt, indem man namentlich Portraits mit den Complementärfarben schreiend anmalt; das Gesicht grünlich, den Rock roth, u. s. w. Starrt man solche Bilder längere Zeit an und wirft dann den Blick gegen die Decke des Zimmers, so sieht man das Nachbild des Portraits in seinen natürlichen Farben, welche die complementären der bizarren Färbung sind.

Auf eine besondere Reihe von Erscheinungen, die mehr oder minder fast in jedem Auge vorkommen, verdient hier noch besonders aufmerksam gemacht zu werden. Es versteht sich wohl von selbst, daß nicht nur von den äußeren Objekten, sondern auch von den im Auge selbst befindlichen Gegenständen Bilder auf der Netzhaut entworfen und empfunden werden, die freilich meist undeutlich und vage seyn müssen, da die Gegenstände nicht in gehöriger Sehweite liegen. Sind die verschiedenen vor der Netzhaut gelegenen Theile, welche Lichtstrahlen durchlassen können, vollkommen durchsichtig und wasserklar, so können sie keine Bilder entstehen lassen, während jeder trübe oder undurchsichtige Körper sogleich muß wahrgenommen werden. Die meisten Leute

haben kleine Unvollkommenheiten in den durchsichtigen Medien des Auges, welche beim aufmerksamen Schauen in den Himmel oder beim Spähen durch Mikroskope und Fernröhre sich störend in die Sehaxen stellen, meist durch einen Ruck entfernt werden können, zuweilen aber selbst sehr lästig für das Sehen werden. Es stellen sich diese Körper in Gestalt von Perlschnüren, Rosenkränzen, geschlängelten Fäden dar, die stets in derselben Form wieder erscheinen und besonders bei Reizung und beginnender Ermüdung der Netzhäute sehr deutlich in das Gesichtsfeld treten. Wohl alle Mikroskopiker, deren Bekanntschaft ich gemacht, besaßen eine solche Figur, auf welche die Beschäftigung aufmerksam gemacht hat; ich selbst besitze eine solche in Form eines fliegenden Drachen, wie man deren als Spielwerk in die Höhe steigen läßt, und ich erinnere mich, schon in meiner frühesten Jugend auf diese Figur aufmerksam geworden zu seyn, die mich damals sehr quälte, da ich sie mit allerlei kindlichen Vorstellungen über den Teufel in Zusammenhang brachte.

Nicht zu verwechseln mit solchen Figuren sind die wirklichen subjektiven Gesichtsphänomene, welche von Reizungen und partiellen Lähmungen der Netzhäute und Sehnerven ausgehen. Der Sehnerve reagirt auf jeden Reiz durch Empfindung seines spezifischen Gebietes, durch Lichtempfindung; was für den Gefühlsnerven der Schmerz ist, das ist für den Sehnerven das Licht und so wird es begreiflich, daß bei beginnenden Krankheiten der Sehnerven und der Netzhäute, bei großer Reizung derselben allerlei sonderbare Lichtphantome erscheinen, glänzende Punkte, dunkle Stellen, sogenannte fliegende Mücken, welche meist Vorläufer gänzlicher Lähmungen, des schwarzen Staares sind. Schon Mancher, der kleine Trübungen auf der Hornhaut, in der Linse, im Glaskörper besaß, die ihn nur einigermaßen genirten, aber nicht sehr im Sehen hinderten, hat ein gequältes Leben zugebracht, weil er die Bilder, die auf diese Weise erzeugt wurden, für fliegende Mücken und Vorboten des schwarzen Staares und völliger Blindheit ansah, während eine genauere Kenntniß der Gesetze des Sehens ihn leicht über die Unvollkommenheit seiner Augen getröstet haben würde.

Vierzehnter Brief.

Die übrigen Sinne.

Wenn die Mechanik des Auges eben so klar und offen unserem wissenschaftlichen Streben vorliegt, als das Organ selbst an dem Kopfe sich zeigt, so theilt das Gehörorgan mit seiner tiefen, versteckten Lage auch die Verborgenheit seiner Funktionen. Wir wissen, daß wir mit den Ohren hören; — auf welche Weise aber das Hören zu Stande komme, ist bei weitem noch nicht klar und die vielfachen Versuche zur Erklärung dieser wichtigen Funktion haben theils an der Unvollkommenheit der Akustik, theils auch an der Mangelhaftigkeit unserer anatomischen Kenntnisse unübersteigliche Hindernisse gefunden. Der größte und wichtigste Theil des Gehörorganes ist in starre Knochen eingeschlossen; tief verborgen wie es ist in der Basis des Schädels, entzieht es sich allen unmittelbaren Beobachtungen während des Lebens. Während wir die Bewegungen, die Veränderungen des inneren Auges, den Gang der Lichtstrahlen in demselben leicht im Leben oder in dem herausgenommenen Auge beobachten können, während unsere Instrumente überall Zugang finden, so ist es bei dem Ohre unmöglich, durch Vivisektionen sich Auskunft über die Funktion der einzelnen Theile zu verschaffen, da die zu solchen Untersuchungen nothwendigen Eingriffe so bedeutend sind, daß es unmöglich ist, reine Schlüsse aus den Resultaten zu ziehen.

Das äußere Ohr bildet einen eigenthümlich gewundenen, knorpeligen Halbtrichter, in dessen Mitte sich der Eingang einer

Röhre, des Gehörganges befindet, welche mannigfach gewunden quer nach innen in den Kopf hineinführt. An seinem inneren Ende ist der Gehörgang vollkommen durch eine elastische, quergespannte Haut, das sogenannte Trommelfell, geschlossen. Eine rohe Nachbildung des ganzen äußeren Ohres, Ohrmuschel, Gehörgang und Trommelfell würde also etwa in der Art auszuführen seyn, daß man die Röhre eines gewöhnlichen Blechtrichters an seinem unteren Ende mit einem Stückchen Blase verbände. Offenbar ist das ganze äußere Ohr nur ein Zuleitungsapparat der Schallwellen. Man hat gefunden, daß der Winkel, unter welchem die Muschel vom Schädel absteht, ziemlichen Einfluß auf das Hören hat, daß platt anliegende Ohren nicht so scharf hören, als solche, welche etwa um 30 oder 40 Grad von den Schädelknochen abstehen. Verstopfung des äußeren Gehörganges durch fremde Körper, zu große Anhäufung des Ohrenschmalzes, Unreinlichkeit zieht Verminderung des Hörens, oft selbst fast völlige Taubheit nach sich.

Das Trommelfell scheidet den äußeren Gehörgang von einer zweiten Höhle, der Paukenhöhle ab, welche im Ganzen betrachtet, ähnliche Verhältnisse darbietet, wie der äußere Gehörgang. Es ist ein im Knochen ausgehöhlter, rundlicher Raum, der durch eine ziemlich lange Röhre, die Eustachische Trompete genannt, sich in dem oberen Theile der Rachenhöhle, hinter den Nasenöffnungen, am hinteren Gaumen öffnet. Führt man eine eigenthümlich gekrümmte Sonde in die Nase ein und horizontal weiter, bis man hinten an der Wölbung des Rachens anstößt, so trifft man leicht bei einiger Uebung in die offene Mündung der Eustachischen Trompete, deren enger Kanal schief nach außen und oben in die Paukenhöhle oder Trommelhöhle einführt. Diese ist demnach kein durchaus geschlossener Raum, sondern mittelbar, durch Mund und Nase, mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt. Verstopfungen der Trompeten durch Entzündungen und andere krankhafte Veränderungen erscheinen von wesentlichem Einflusse auf das Gehör, welches dadurch dumpfer und schwächer wird; in welcher bestimmten Beziehung sie aber zu den

Funktionen des Hörens stehen, ist noch nicht hinlänglich aufgeklärt. Es scheint indessen, als seyen die Eustachischen Trompeten besonders wesentlich als Resonanzapparate und anderntheils als Auswege für die in der Trommelhöhle befindliche Luft bei starken Erschütterungen des Trommelfelles. Bei starken Tönen und Klängen, dem Abfeuern einer Kanone z. B. öffnen wir unwillkührlich den Mund; sicher in der Absicht, um der heftigen einseitigen Erschütterung, welche das Trommelfell bei alleinigem Offenseyn des äußeren Gehörganges erleiden würde, durch Eröffnen eines von entgegengesetzter Seite herzuführenden Kanales entgegenzuwirken.

Mit der Trommelhöhle in offener Communikation stehen einige in den umliegenden Knochen befindliche Zellen, die namentlich den Zitzenfortsatz des Schläfenbeines anfüllen. Im übrigen ist die Trommelhöhle mit Ausnahme der Eustachischen Röhre, vollkommen geschlossen und unabhängig von den übrigen Theilen des Gehörorganes. So wie sie von dem äußeren Gehörgange nur durch eine straffe Haut, das Trommelfell geschieden ist, so finden sich dem Trommelfelle gegenüber, im Hintergrunde der Höhle, zwei andere ebenfalls nur durch sehnige Häute geschlossene Oeffnungen, deren eine, von eiförmiger Gestalt und deßhalb das ovale Fenster genannt, in einen bedeutenden Theil des inneren Ohres, den Vorhof führt, während die andere kleinere Oeffnung, oder das runde Fenster, zur sogenannten Schnecke hinleitet.

Eine merkwürdige Kette kleiner Knöchelchen, der Gehörknöchelchen, ist zwischen dem Trommelfelle einerseits und dem ovalen Fenster andrerseits durch die ganze Länge der Trommelhöhle durchgespannt. Das vorderste dieser Knöchelchen, der Hammer, steckt mit seinem Stiele mitten in der Membran des Trommelfelles, so daß dieses nicht im mindesten erschüttert werden kann, ohne daß der Hammer ebenfalls in Schwingung gerieth; mit seinem hinteren Ende, dem dickeren Kopfe, ist der Hammer an ein zweites, kleineres Knöchelchen eingelenkt, welches der Ambos heißt und etwa die Form eines Backenzahnes

mit weit auseinander stehenden Wurzeln hat. Die eine dieser Wurzeln liegt horizontal, an ihrem Ende befindet sich ein kleines loses Knöpfchen, das Linsenknöchelchen, welches zwischen den Ambos und den Kopf des letzten Knochens, des Steigbügels, eingeschoben ist. Der letzte Name ist gewiß der glücklichst gewählte von allen Bezeichnungen der Ohrknöchelchen; der Steigbügel hat in der That durchaus die Form, wie sie in Europa gebräuchlich ist. Der Knopf des Steigbügels ist mit dem Linsenknöchelchen, und durch dieses mit dem Ambos eingelenkt, der Tritt, worauf der Fuß zu stehen kommen würde, ist ebenso in die Membran des eirunden Fensters eingewoben, wie der Hammerstiel in dem Trommelfelle sitzt. Es ist mithin, quer durch die Trommelhöhle eine Reihe von beweglich in einander eingelenkter Knöchelchen ausgespannt, mittelst welcher eine direkte Verbindung des Trommelfelles und des ovalen Fensters hergestellt ist; eine Verbindung, welche, wie wir später sehen werden, von der höchsten Wichtigkeit für das Hören selbst ist.

Das innere Ohr endlich oder das Labyrinth bildet eine nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Höhle, die von den härtesten Knochen des Kopfes, den Felsenbeinen eingeschlossen ist und mancherlei seltsam gewundene Kanäle darbietet. Höhle und Kanäle sind von schleimigen Häuten ausgekleidet, welche geschlossene Säcke bilden und mit Flüssigkeit erfüllt sind. Als einzelne Theile unterscheidet man daran den Vorhof, eine längliche Höhle, in welche alle übrigen Theile des inneren Gehörorganes einmünden, drei Kanäle in Kreisform, die halbzirkelförmigen Kanäle, welche wie gekrümmte Röhren mit ihren beiden Enden in den Vorhof einmünden und endlich ein sonderbar gewundenes Organ, die Schnecke, welche vollkommen einer aufgewundenen Schneckenschale gleicht, in deren Innerem noch ein Blatt liegt, welches die gewundene Höhle in zwei Abtheilungen theilt.

Das Verhalten der Gehörorgane in der Thierreihe kann schon gewisser Maßen einen Maßstab für die verhältnißmäßige Wichtigkeit der einzelnen Theile desselben abgeben. Zuerst ver-

schwindet die Ohrmuschel, dann der Gehörgang, so daß das Trommelfell nackt und frei auf der äußeren Haut liegt. Bei den Vögeln fehlt schon das äußere Ohr. Dann verschwindet in der Reihe der Amphibien das mittlere Ohr, Paukenhöhle und Eustachische Trompete und Gehörknöchelchen, und man muß bei den Fischen das innere Gehörorgan tief in den Kopfknochen versteckt aufsuchen. Die Verkümmerung und Abnahme der Schnecke hält mit derjenigen der Paukenhöhle gleichen Schritt, zuletzt nehmen die halbzirkelförmigen Kanäle einer nach dem andern ab und verschwinden, bis von dem ganzen Gehörorgan nur noch ein einfaches Bläschen, der reducirte Vorhof übrig bleibt, zu welchem der Hörnerve tritt.

So wie am Auge durch die verschiedenen brechenden Medien desselben, Hornhaut, Linse und Glaskörper ein Zuleitungsapparat hergestellt ist, durch welchen die Lichtstrahlen erst dem eigentlich empfindenden Apparate, der Netzhaut, zugeleitet werden, so sind auch in dem Gehörorgane äußeres Ohr und Paukenhöhle nur Leitungs- und Verstärkungsapparate der Schallwellen, welche dem Hörnerven zugeführt und von diesem empfunden werden. Es können im Gehörorgan demnach nur diejenigen Theile wirklich schallempfindend seyn, auf welchen der Hörnerve sich verzweigt, nämlich die innerste Membran des Vorhofes und das Spiralblatt, welches in der Schnecke sich befindet. Die Bogengänge des Labyrinthes erhalten durchaus keine Nervenfasern; diese gehen nicht weiter als an die blasenartigen Enden, womit die Bogengänge am Vorhofe beginnen und welche man Ampullen nennt. Weiter erstrecken sich die Nerven nicht; die Röhren der halbzirkelförmigen Kanäle sind demnach keine schallempfindenden Organe, sondern eines andern bis jetzt durchaus unbekannten Zweckes wegen vorhanden.

Ein elastischer Körper, welcher von einem andern gestoßen wird, geräth in wellenartige Schwingungen, welche von unserem Gehörorgane als Schall aufgefaßt werden. Jeder einfache Stoß erzeugt eine einfache Welle und somit auch nur eine einfache Schallempfindung; werden die Stöße und die dadurch erzeugten

Wellen häufiger, so entsteht das Geräusch und endlich, wenn die Stöße so häufig werden, daß das Gehörorgan sie nicht mehr in seinen Einzelheiten unterscheiden kann, so entsteht der Ton, der mithin stets das Resultat einer bestimmten Anzahl von Wellenbewegungen eines durch Stöße in schwingende Bewegung versetzten Körpers ist. Je mehr Schwingungen der Körper in einer bestimmten Zeit macht, desto höher ist der Ton, welchen er hervorbringt. Unser Gehörorgan hat gewisse Gränzen, unterhalb und oberhalb welcher es den Ton nicht mehr vernimmt; der tiefste, wahrnehmbare Ton beträgt etwa 14 bis 16 Schwingungen in der Sekunde, und bei dieser Zahl schon gleicht er mehr einem brummenden Geräusch als einem wahren Tone. Der höchste Ton, welchen unser Gehörorgan aufzufassen vermag, wird wohl an 70,000 Schwingungen in der Sekunde erreichen. Es mag wohl keinem Zweifel unterliegen, daß noch höhere Töne existiren, deren Auffassung unserem Ohr unmöglich ist und viele Erscheinungen lassen darauf schließen, daß die Ohren mancher Thiere gerade auf solche feinere Töne eingerichtet sind. Schon bei den einzelnen Menschen zeigen sich deutliche Verschiedenheiten, selbst wenn sonst ihr Gehör so ziemlich an Schärfe gleich ist, und während der Eine noch einen sehr hohen Ton hört, so entgeht dieser dem Andern durchaus. Der Schrei der Fledermaus steht fast an der Gränze des menschlichen Auffassungsvermögens und gar Viele haben ihn nie gehört; — es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die Natur einem Geschöpfe einen Lockton gegeben habe, der an der Gränze des Auffassungsvermögens überhaupt steht.

Die Schallwellen, welche ein schwingender Körper erzeugt, theilen sich allen Körpern in seiner Umgebung mit, allein nicht überall in gleichem Grade. Schwingungen fester Körper theilen sich am leichtesten wieder festen Körpern mit, in welchen auch die Schallwellen am vollständigsten fortgeleitet werden; Uebertragung von Tonschwingungen fester Körper auf flüssige geschieht schon schwerer und am unvollständigsten findet sie von festen auf luftförmige Körper Statt. Ein gleiches Verhältniß findet sich, wenn die Uebertragung in umgekehrter Reihe geschehen soll.

Atmosphärische Luft, in Schwingungen versetzt, theilt dieselbe nur sehr schwer flüssigen und festen Körpern mit, während in Flüssigkeiten erzeugte Schwingungen sich sehr stark auf feste Körper übertragen. Die Mittheilungsfähigkeit wird indessen bedeutend erhöht, sobald gespannte, elastische Membranen und nicht durchaus solide Körper die Vermittler bilden. So theilen sich die Schallwellen der Luft dem Wasser sehr leicht mit, wenn sie erst durch eine gespannte Haut aufgefaßt werden; ebenso geschieht die Mittheilung von der Luft aus an feste Körper sehr leicht und vollständig, wenn diese letzteren mit einer gespannten Membran in Verbindung gesetzt werden.

Betrachtet man nun die Bildung des Gehörorganes im Vergleiche zu den angeführten Gesetzen der Leitung des Schalles, so erscheint dasselbe vorzüglich darauf berechnet, in seinem äußeren und mittleren Theile eine möglichst vollständige Leitung der Schallwellen nach dem innern Labyrinthe, dem eigentlich empfindenden Apparate herzustellen. Die von der Ohrmuschel aufgefaßten Tonschwingungen der Luft werden durch ein Hörrohr, den Gehörgang, nach innen gegen eine ausgespannte elastische Membran, das Trommelfell geleitet, welches offenbar den Zweck hat, die möglichst vollständige Uebertragung der Schallwellen auf die aus festen Körpern zusammengesetzte Kette der Gehörknöchelchen zu vermitteln. Diese setzen die Schallwellen nach innen bis zu dem ovalen Fenster fort, einer zweiten gespannten Membran, welche die Schallwellen mit großer Leichtigkeit der Labyrinthflüssigkeit mittheilt, durch welche dann endlich der Hörnerve afficirt wird.

Im Ganzen liegt die genauere Analyse des Hörens noch sehr im Argen, da namentlich die Akustik noch nicht weit genug vorgeschritten ist, um über eine Menge Fragen, welche Anatomie und Funktionenlehre aufwerfen, Rechenschaft geben zu können. Man hat sich viel damit abgequält, zu untersuchen, wie es zugehen könne, daß man mehrere Töne zugleich höre; welche Funktion einzelne Theile, wie Schnecke und Kanäle, haben — die Entscheidung dieser Fragen ist unmöglich.

Von dem Geschmackssinne ist schon früher, bei Gelegenheit der einzelnen Nervenfunktionen, die Rede gewesen; hinsichtlich des Geruchsinnes sind wir in der Physiologie nicht weiter, als eben jeder nur einigermaßen auf sich selbst aufmerksame Mensch seyn wird. So wissen wir, daß wir wohl zu unterscheiden haben zwischen den eigentlichen Geruchsempfindungen und den Empfindungen eines feinen Tastgefühls, welches in der Nase durch einen Ast des fünften Nervenpaares, des Trigeminus, vermittelt wird. Wir wissen ferner, daß wir nur dann riechen, wenn wir durch Ein- oder Ausathmen einen Luftstrom durch die Nase bewirken, während bei vollkommener Ruhe keine Geruchsempfindung möglich ist. Nicht minder ist es auch den Physiologen bekannt, daß die Urtheile über Geruchsempfindungen sehr verschieden sind, und Jener einen gewissen Geruch, z. B. Moschus, sehr liebt, den ein Anderer verabscheut; ganz so wie der Eine Spargeln gerne ißt, der Andere nicht und Mancher eine gewisse Farbenzusammenstellung häßlich findet, an welcher sein Nachbar sich ergötzt. Das Alles hat Jeder meiner Leser schon vor mir gewußt; es wäre unnöthig, sich länger dabei aufzuhalten.

Die Schärfe des Tastsinnes, wenn man überhaupt einen solchen annehmen will, ist nicht nur bei den verschiedenen Individuen, sondern auch an den verschiedenen Hauttheilen großen Ungleichheiten unterworfen. Wie ausgezeichnet fein die Blinden fühlen, wie genau sie sich durch Beachtung der geringfügigsten Eindrücke, welche ihre Haut treffen, von verschiedenen Raumverhältnissen Rechenschaft geben können, welche wir durch unser Gesicht zu ermessen gewohnt sind, weiß Jedermann; der Tastsinn, durch seine feine Ausbildung, ersetzt hier gewissermaßen den Gesichtssinn und der Blinde hat sich gewöhnt, von ihm Vorstellungen aufzunehmen, die uns nur durch den Gesichtssinn vermittelt werden. Man hat indessen, so viel ich weiß, noch keine vergleichende Beobachtungen über die absolute Schärfe des Tastsinnes bei Blinden gemacht, welche in der Art, wie die Untersuchungen über die einzelnen Körpertheile, ein genaues Maß für

den Tastsinn derselben abgäben. Es würden solche Untersuchungen nicht unwichtig seyn für die Ansicht, welche man überhaupt sich von dem Tastsinne zu machen hat; es würde sich dabei herausstellen, ob die Sinne in materieller Hinsicht einer Verfeinerung fähig sind, oder ob das feinere Tastgefühl, welches wir bei den Blinden beobachten, nur eine Folge der Ausbildung des Vorstellungsvermögens ist, wodurch der Blinde die Eindrücke, die er empfängt, zu einem objektiven Anschauungsbilde umwandelt. Wir Sehenden, wenn wir eine Münze bei geschlossenen Augen betasten, fühlen vielleicht alle Vorsprünge der Buchstaben, des geprägten Kopfes eben so gut als ein Blinder, allein wir vermögen nicht die einzelnen Eindrücke zu einem Gesammtbilde zu vereinigen, wie der Blinde es thut.

Man hat die Schärfe des Tastgefühles an verschiedenen Theilen des Körpers in der Weise gemessen, daß man einen Zirkel aufsetzte, dessen Spitzen mit kleinen Korkstückchen maskirt waren. Man maß nun, wie weit man die Zirkelspitzen auseinander setzen mußte, um ihre beiden Eindrücke als getrennte zu empfinden, und indem man diese Methode über den ganzen Körper ausdehnte, konnte man eine vergleichende Tabelle der Schärfe des Tastgefühles unserer Hautoberfläche aufstellen, die indeß immer noch viel Willkührliches hat, da nicht nur die Werthe auf beiden Körperhälften verschieden ausfallen, sondern auch die Richtung des Aufsetzens der Zirkelspitzen, so wie die Methode selbst, manche Irrthümer herbeiführen können. So unterscheidet man an den meisten Theilen, besonders den Extremitäten, die beiden Zirkelspitzen weit leichter, wenn sie in der Quere gestellt werden, als wenn sie in der Längenaxe des Gliedes die Haut berühren. Ebenso ist der Uebergang von dem Gefühle als einfacher Punkt zu der Unterscheidung der beiden Zirkelspitzen ein allmähliger; der Punkt scheint sich bei Oeffnung der Spitzen auszudehnen, zu wachsen, eine elliptische Gestalt anzunehmen, bis endlich die beiden Endpunkte der Axe der Ellipse sich trennen und als zwei selbstständige Punkte gefühlt werden.

Die Zungenspitze ist der feinfühlendste Theil des Körpers;

man unterscheidet noch die Zirkelspitzen, wenn ihre Entfernung nur eine halbe Linie beträgt. Nach der Zungenspitze folgen die innern Flächen der letzten Fingerglieder, mit welchen wir gewöhnlich tasten und deren Schärfe im Mittel 7 Zehntel einer Linie beträgt; die rothen Theile der Lippen, die innern Flächen der zweiten und dritten Fingerglieder fühlen eine Entfernung von anderthalb Linien im Durchschnitte; die Nasenspitze, Seite und Rücken der Zunge, die äußeren Theile der Lippen schwanken zwischen 2 — 3 Linien, die Rückenfläche der Finger, die Wange zeigen eine Verhältnißzahl von 4 Linien und etwas mehr. Weitere ungefähre Verhältnißzahlen sind: Stirne 6 Linien. Scheitel 9½ Linien. Kniescheibe 10 Linien. Fußrücken 12 Linien. Oberarm 14 Linien. Hinterbacke 13 Linien. Oberer Theil des Rückens in der Mittellinie 19 Linien. Rückenwirbelsäule in der Mitte 24 Linien. Man sieht demnach, daß auf der Mitte des Rückens eine Unsicherheit von mehr als zwei Zollen für einen Eindruck existiren muß und wir wissen sehr wohl aus eigener Erfahrung, daß diese wirklich existirt. Auch auf den andern Körpertheilen herrscht eine je nach Verhältniß größere oder kleinere Unsicherheit in der Empfindung und es liegt nur in dieser Unsicherheit der Grund, daß wir einen Floh z. B., der uns sticht, nicht unmittelbar fangen, sondern meist daneben tappen, wenn wir ihn nicht sehen, eben weil das punktgroße Geschöpf der Unsicherheit in der Lokalisation der Empfindung nicht entspricht.

Das Tastgefühl mit seinen verschiedenen Empfindungen ist von jeher der Spielraum für alle möglichen Träumereien gewesen. Weil die Hautnerven eben so gut Wärme, als mechanische Eindrücke empfinden, was nicht mehr zu verwundern ist, als wenn die Sehnerven roth und grün, und die Geschmacksnerven bitter und süß unterscheiden, und weil anderseits die krankhafte Empfindlichkeit der Hautnerven allerdings so gesteigert werden kann, daß die leisesten Eindrücke als ungemein schmerzlich empfunden werden, so glaubte man sich berechtigt, den Tastsinn als den Mutterboden aller andern Sinne aufzufassen und ihn sogar für die andern Ersatz leisten zu lassen. Man sollte wirklich mit der Haut hören,

sehen, riechen und schmecken und man berief sich hiebei theils auf die niederen Thiere, theils auf die Somnambülen und alle Arten sogenannter nervenschwacher Personen. Was die niederen Thiere betrifft, so hat sich der Spielraum für diese so unrichtigen Deduktionen von Jahr zu Jahr verringert. Bei einer Menge von Thieren, die man früher für augenlos hielt, hat man jetzt bestimmte wohl organisirte Augen entdeckt; bei andern hat man nicht genug auf den Umstand Rücksicht genommen, daß das Element, in welchem sie leben, ein sehr verschiedenes von dem unserigen ist, und daß die geringsten Temperäturunterschiede, welche die Wärme des Sonnenlichtes z. B. hervorbringt, von Strömungen begleitet sind, welche wohl durch die Haut der niederen Thiere empfunden werden können.

In Hinsicht der Somnambülen und andern magnetischen Unsinnes bedarf es wohl keiner ernsthaften Wiederlegung. Die Geister von Weinsberg haben ausgespuckt und die Somnambülen, welche durch die Herzgrube und andere mehr oder minder interessante Theile ihres Körpers bei verbundenen Augen lasen, sind durch den Versuch entlarvt worden. Nie hat eine solche Person bei vollkommen undurchsichtigen Verbänden mit der Herzgrube oder den Händen lesen können; es bedurfte der Taftbänder, welche die Mutter, der Vater oder eine andere vertraute Person so umlegte, daß die magnetisch Schlafende gar prächtig hindurchsehen konnte und die Geschichte des Burdin'schen Preises muß dem Gläubigsten die Augen geöffnet haben. Als so viel Spektakel vor einigen Jahren gemacht wurde von Somnambülen, welche mit verbundenen Augen lesen sollten, legte dieser Arzt einen versiegelten Brief bei der Akademie nieder, nebst einer Summe von 2000 Franken für Diejenige, welche lesen würde, was in dem Briefe stand. Noch keine hat den Preis verdient.

Fünfzehnter Brief.

Die Bewegungen.

Jedermann weiß, daß in unserem Körper eine Menge verschiedenartiger Stücke, Knochen und Knorpel, zu einem Gerüste zusammengefügt sind, welches den übrigen Theilen als Stütze dient, und das Skelett genannt wird. Betrachtet man dieses starre Gerüste näher, so erscheinen dabei zwei wesentliche Bedingungen erfüllt, einerseits eben die Stützung und Umhüllung der weicheren Theile, die Vorzeichnung der Höhlen, worin Hirn und Rückenmark, so wie die Eingeweide des Bauches und der Brust verborgen sind und anderntheils die Mithülfe zur Ausführung von Bewegungen, indem die einzelnen Stücke des Skelettes mehr oder minder beweglich an einander gefügt und durch Gelenke mit einander verbunden sind. Die Art dieser Zusammenfügung ist äußerst mannichfaltig und wechselt je nach den verschiedenen Zwecken des Gelenkes, der Größe seines Spielraumes und der Art der Bewegung, welche es ausführen soll. An einigen Orten, wo nur eine gewisse elastische Verbindung, eine geringe Nachgiebigkeit gegen äußere oder innere Gewalt statt finden soll, sehen wir selbst nur mehr oder minder zusammendrückbare elastische Knorpelstücke zwischen die Knochen eingeleimt, ohne daß sich besondere Gelenkflächen darböten, welche auf einander hergleiten könnten. Solcher Art sind die Verbindungen der einzelnen Wirbelkörper unter sich, die Anheftung der Rippen an das Brustbein und andere mehr. In dem ersten Falle ist die Beweglichkeit der einzelnen runden, säulenartig auf einander geschichteten Wirbelstücke durch elastische, aus Faserknorpeln

gewebte Kissen vermittelt, welche, wie die Federkissen eines Stuhles, einem gewissen Drucke nachgeben und sich beim Nachlasse desselben wieder aufrichten; bei den Rippen dagegen findet die Beweglichkeit dadurch Statt, daß die beweglichen Stäbe, womit sie sich an das Brustbein ansetzen, wie Degenklingen durch angebrachten Druck oder Zug gebogen werden und beim Aufhören desselben in ihre alte Lage zurückspringen.

In allen übrigen beweglichen Gelenkverbindungen finden wir stets zwei Knochenflächen, welche übereinander hergleiten können und deßhalb mit glatten Knorpelstücken belegt und mit feuchtem Schleime überzogen sind; ein Verhältniß, das wir in der Mechanik durch glatte Drehflächen und Einölung der Gelenke nachahmen. Das Herstellen ganz ebener Flächen, welche über einander gleiten und einzig durch geradlinige Verschiebung wirken können, findet äußerst selten im Körper statt; meist bedingt die Art der Bewegung die Einrichtung verschieden gekrümmter Flächen, wodurch Drehungen aller Art ausgeführt werden. Die Natur hat sich äußerst erfinderisch in Herstellung dieser Gelenkverbindungen gezeigt; von dem freiesten Kopfgelenke, wo ein rund abgedrehter Gelenkkopf sich auf einer fast ebenen Fläche dreht und somit fast vollständig nach allen Richtungen umhergerollt werden kann, bis zu dem beschränkteren Nußgelenke, wo der Kopf in einer ihn umschließenden runden Kapsel spielt; von dem beschränktesten Charniergelenke, welches nur einseitiges Auf- und Zuklappen gestattet, bis zu den freiesten Charnieren, wo auch seitliches Ueberkappen und drehende Bewegung möglich ist, finden sich die mannichfachsten Modifikationen, theils durch sinnige Abänderung der aufeinander spielenden Gelenkflächen, theils durch Anordnung der benachbarten Theile bedingt, welche den Spielraum des Gelenkes hemmen und einschränken. Es genügt, hier auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht zu haben; Jeder kann am eigenen Körper sich leicht überzeugen, wie sehr verschieden die Beweglichkeit des Oberarmes von derjenigen des Ellenbogens und der Hand sey; wie er den Oberarm frei im Kreise gleich der Speiche eines Rades schwingen, nach vorne und hinten führen kann, während er im Ellenbogen-

gelenk einzig auf das Auf- und Zuklappen des Charnieres beschränkt ist; wie er im Handgelenke drehende und seitliche Bewegungen ausführen, mit dem ersten Fingergelenke, namentlich des Zeigefingers, ebenfalls Kreisbewegungen vornehmen kann; während das zweite und dritte Fingergelenk nur klappender Charnierbewegungen fähig sind. Man wird so bei Vergleichung der oberen mit der unteren Extremität finden, daß hier die entsprechenden Bewegungen im Grunde zwar ähnlich, aber weit beschränkter sind; daß die Bewegungen des Oberschenkels denen des Oberarmes entsprechend nach allen Richtungen hin weit geringer sind, weil eben der Gelenkkopf des Oberschenkels in einer nußartigen Gelenkhöhle eingekapselt ist, während der Kopf des Oberarmes auf einer kleinen, fast ebenen Gelenkfläche spielt; daß die Bewegungen der Fußwurzel, der Zehen eine Wiederholung der Hand- und Fingerbewegungen in geringerer Ausdehnung darstellen.

Die Gelenkflächen der einzelnen Knochen sind durch Kapselhäute und Bänder aneinander befestigt, durch deren Anordnung meist der Spielraum der Gelenke, so wie er durch die Natur der Gelenkflächen gegeben wäre, mehr oder minder beschränkt, zugleich aber auch die Verbindung in allen Richtungen befestigt und das Ausgleiten der Gelenke, die Verrenkung derselben, mehr oder minder erschwert wird. Je freier ein Gelenk ist, je größeren Spielraum es besitzt, desto schlaffer müssen auch diese Haltbänder angespannt seyn und desto leichter sind auch Verrenkungen möglich.

Die innerste Kapsel, welche unmittelbar die Gelenkflächen einhüllt, bildet stets einen vollkommen hermetisch geschlossenen Sack, der aus festem Fasergewebe gewoben und auf seiner innern Seite mit mehr oder minder zähem Schleime überzogen ist, welcher beständig zwischen die glatten Gelenkflächen eindringt und die Reibung derselben auf ein sehr geringes Maß beschränkt.

Eine nothwendige Folge des hermetischen Verschlusses der Gelenkkapseln ist die Ausschließung der atmosphärischen Luft, die Herstellung eines Raumes im Innern der Gelenke, welcher keine Luft, sondern nur Flüssigkeit enthält und somit keinen Gegendruck auszuüben im Stande ist. Es ist bekanntlich der Druck der Luft,

welcher das Wasser in einer luftleer gemachten Röhre 32 Fuß hoch emportreibt, der einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält; in unserem Körper erhält der Druck der Luft die Gelenkflächen in unmittelbarer Berührung und die Größe der einzelnen Gelenkflächen ist so berechnet, daß der Luftdruck, welcher darauf ausgeübt wird, allen daran aufgehängten Theilen das Gleichgewicht hält. Man hat diesen Satz namentlich an dem Hüftgelenke auf die überzeugendste Weise dargethan und durch Versuche bewiesen, daß beim Schweben des Beines in freier Luft weder die Muskeln noch die Bänder dasselbe halten, sondern einzig der Druck der Luft auf das Hüftgelenk hinreicht, dasselbe fest am Becken schwebend zu erhalten. Legt man einen Leichnam auf den Bauch, so daß die Beine frei schwebend von dem Tische herabhängen und trennt nun durch einen Kreisschnitt sämmtliche Muskeln bis auf die Bänder des Hüftgelenkes und bis zur Kapsel desselben, so hängt das Bein noch eben so fest im Hüftgelenke als zuvor. Die Gelenkflächen des Kopfes einerseits und der Pfanne andererseits sind sogar so genau auf einander gepaßt, daß man die Kapsel selbst einschneiden kann, ohne daß das Bein aus dem Gelenke herausfällt. Bohrt man aber von innen, von dem Unterleibe aus, ein Loch in das Gelenk ein, so dringt in dem Augenblicke, wo der Bohrer die innere Gelenkfläche durchstößt, die Luft mit zischendem Geräusche ein und der Gelenkkopf sinkt aus seiner Pfanne heraus, soweit als es das im Innern des Gelenkes angebrachte sogenannte runde Band des Hüftgelenkes gestattet, welches von der Spitze des Gelenkkopfes zu dem tiefsten Punkte der Pfanne geht. Drückt man nun das Bein, indem man es aufhebt, wieder in die Pfanne hinein und schließt das im Becken angebrachte Bohrloch mit dem Finger, so bleibt das Bein von neuem schwebend hängen und der schließende Finger wird von dem Bohrloche, wie von einem Schröpfkopfe angezogen. Im Augenblicke, wo der Finger entfernt wird, fällt das Bein herab. Man hat die Versuche in der Art wiederholt, daß man das Schenkelgelenk herauspräparirte, den Oberschenkel abfägte, die Beckenknochen rund herum wegnahm, so daß nur die beiden durch

das Gelenk verbundenen Knochenstücke überblieben und nun das Ganze unter die Glocke der Luftpumpe aufhängte, nachdem man an den Schenkelknochen ein paar Pfundsteine aufgehängt hatte. Der Schenkelkopf war fest im Gelenke eingefügt; sobald man aber auspumpte und einen luftleeren Raum erzeugte, so sank er aus den Gelenkhöhlen heraus; ließ man von Neuem Luft zu, so stieg er wieder in die Höhe und man konnte so das abwechselnde Spiel des Auf- und Absteigens des Schenkelkopfes in seinem Gelenke wiederholen, je nachdem man Luft auspumpte oder zuließ.

Berechnet man, nach der Größe der Oberfläche des Hüftgelenkes, die Größe des Druckes, welchen die Luft auf dasselbe ausübt, so zeigt sich, daß derselbe etwa 22 bis 25 Pfund beträgt, während ein Bein im Durchschnitte 18 bis 20 Pfunde wiegt. Bei gewöhnlichem Luftdrucke hält demnach der auf das Hüftgelenk ausgeübte Druck der Luft dem Gewichte der Extremität das Gleichgewicht und es bedarf durchaus keiner Anstrengung von Seite der Muskeln, um das Bein schwebend zu erhalten. Gleiche Verhältnisse finden sich am Kniegelenke, am Oberarme, an den Fuß- und Handgelenken verwirklicht; überall sind die Kapseln der Gelenke hermetisch abgeschlossen und überall die Größe der Oberflächen in ein bestimmtes Verhältniß zu dem Gewichte der Theile gebracht, welche daran aufgehängt sind, so daß erst bei Vergrößerung des an den Gelenken bewirkten Zuges eine entsprechende Thätigkeit der Muskeln und Bänder zur Aneinanderhaltung der Gelenkflächen nöthig wird.

Durch ihre eigenthümliche Struktur bilden die Knochen bei den Bewegungen die starren Hebel, an welchen die Muskeln gleich Zugseilen arbeiten. Von sich aus kann ein Knochen sich nie bewegen; es gehören hiezu besondere Fasern, welche der Zusammenziehung fähig sind und deren Bündel eben mit dem Namen der Muskeln oder im gemeinen Leben des Fleisches belegt werden. Jedermann kennt das faserige Gewebe dieser Theile; ebenso bekannt ist einem Jeden, daß die Fasern eines Muskels stets in derselben Richtung parallel neben einander liegen, und daß man demnach einen Muskel nicht mit Unrecht einem Bündel von einzelnen

Fäden vergleichen kann, in welchem jeder Faden unabhängig von dem andern läuft. Betrachtet man die letzten Fäden der willkührlichen Muskeln (und von diesen ist hier vorläufig nur die Rede) unter dem Mikroskope, so sieht man, daß sie aus feinen Fädchen bestehen, welche bündelartig zusammen von einer dünnen zarten Scheide umgeben werden, in welcher sie wie Zündhölzchen in ihrer Kapsel stecken. Ein jedes solcher Bündel heißt eine Muskelfaser und in der eigenthümlichen Contraktilität dieser Gebilde beruht die merkwürdige Zusammenziehung der Muskeln, durch welche die einzelnen Knochen einander genähert und dadurch die Bewegungen ausgeführt werden.

Untersucht man die Muskelfaser unter dem Mikroskope im Augenblicke der Zusammenziehung, so sieht man die feinen Querstreifen, welche die Hülle darbietet, näher aneinander rücken, sich stärker runzeln und dadurch offenbar andeuten, daß die Elemente der Fasern sich stärker zusammenschieben und in sich verkürzen. Die feinen Querrunzeln der Hülle, welche alle willkührlichen Muskelfasern der höheren Thiere so constant zeigen, daß man sie auch deßhalb quergestreifte Muskelfasern genannt hat, finden sich überhaupt nur dann deutlich ausgesprochen, wenn die Faser wirklich einigermaßen zusammengezogen ist und je größer die Zusammenziehung, desto deutlicher ist auch die Querrunzelung, während vollkommen schlaffe Muskelfasern eine durchaus glatte, runzellose Scheide darbieten. Bei kleinen durchsichtigen Thieren, die man ganz ohne Verletzung unter das Mikroskop bringen kann, z. B. jungen Fischlein, lassen sich diese Verhältnisse auf das deutlichste beobachten. Bei stärkerer Contraktion biegen sich dann die Muskelfasern wellenförmig oder in Zickzacklinien ein und bringen dadurch eine noch bedeutendere Verkürzung ihrer Länge hervor. Der vorher lang ausgedehnte Muskel wird breiter, dicker, schwillt bedeutend an und erscheint beim Anfühlen hart und fest; an der innern Muskelmasse des Oberarmes, welche den Ellenbogen beugt, hat wohl Jeder schon dies Anschwellen des Muskels an sich selber beobachtet. Man nahm früher zuweilen an, daß bei der Zusammenziehung wirklich eine geringe Verdichtung der

Muskelsubstanz vorhanden sey, und daß der zusammengezogene Muskel einen absolut kleineren Raum einnehme, als im Zustande der Erschlaffung; genauere Versuche haben indeß nachgewiesen, daß eine solche Condensation wirklich nicht Statt finde, und daß der Muskel demnach an Breite und Dicke gewinne, was er an Länge bei der Zusammenziehung verliert.

Die willkührliche Zusammenziehung steht unter dem Einflusse der Nerven, welche zu den Muskeln gehen und deren Primitivröhren sich zwischen den einzelnen Fasern derselben in Endschlingen durchschlängeln. Sobald ein Muskelnerve durchschnitten ist, so daß sein Zusammenhang mit dem Centralnervensysteme aufgehoben ist, so hört, wie schon oben angeführt wurde, der Einfluß des Willens auf denselben gänzlich auf. Reizt man nun das peripherische Ende des Nerven, welcher noch mit dem Muskel zusammenhängt, so zieht sich dieser zusammen; ganz so, wie wenn der Wille auf ihn eingewirkt hätte. Läßt man das Glied, welches mittelst Durchschneidung seiner Nerven gelähmt wurde, ruhig, so verliert sich allmählig die Reizbarkeit von dem Stamme nach der Peripherie hin. Anfangs zieht sich der Muskel noch jedesmal zusammen, wenn der Nervenstamm gekneipt wird; später erfolgt Zuckung nur auf Anwendung der galvanischen Elektricität, welche unter allen Reizen der wirksamste für die Muskelnerven ist; nach einiger Zeit muß die galvanische Reizung auf die feineren Zweige applicirt werden, wenn sie wirksam seyn soll, und zuletzt muß der Muskel selbst unmittelbar von den Drähten der galvanischen Kette berührt werden, um noch schwache Zuckungen zu veranlassen, die endlich auch verschwinden, so daß der Muskel dann durchaus unthätig ist und auf keinerlei Weise mehr reagirt.

Die Ernährung der Muskeln, welche auf diese Weise gelähmt wurden, leidet auf die mannichfachste Weise. Sie werden blaß, schlaff, schwinden allmählig und man kennt sogar Beispiele, wo sie gänzlich in Fett umgewandelt und vernichtet wurden. So wie aber bei dem gesunden Menschen durch Uebung die Muskeln stärker und kräftiger werden, ihre Ernährung besser von Statten

geht, so geschieht es auch bei Gliedern, deren Nerven durchschnitten wurden. Leitet man durch solche gelähmte Glieder täglich galvanische Ströme, um Zuckungen zu veranlassen und die Muskeln nicht durchaus in Unthätigkeit zu lassen, so erhält sich die Reizbarkeit derselben weit länger, ja sie verschwindet durchaus gar nicht und der Muskel bleibt in gleichmäßiger Ernährung ohne zu erblassen und zu schwinden.

Wenn schon diese Thatsache darauf hinweist, daß die Reizbarkeit der Muskelfaser eine ihr eigenthümliche inwohnende Lebenserscheinung ist, welche nur durch die Nervenreize in Thätigkeit versetzt wird, so erscheint dies noch deutlicher durch den Einfluß nachgewiesen, welche die Abschneidung der Muskelernährung auf die Reizbarkeit hat. Ein Thier, dessen Bauchschlagader unterbunden ist, läuft anfangs noch ganz ordentlich — nach kurzer Zeit aber beginnt es zu schwanken und bald erscheint es eben so vollständig an beiden Hinterfüßen gelähmt, als wenn man ihm die Nerven derselben durchschnitten hätte. Anfangs bringen galvanische Reizungen noch Zuckungen in den Extremitätenmuskeln hervor, nach einiger Zeit aber nicht mehr und wenn man vergleichende Versuche an demselben Thier macht, indem man an dem einen Fuße den Blutkreislauf, den Träger aller Ernährung, aufhebt, an dem andern hingegen den Nerven durchschneidet, so zeigt sich, daß der durch Unterbindung der Gefäße und durch Abschluß aller Blutzufuhr gelähmte Fuß bei weitem schneller seine Reizbarkeit verliert, als der durch Nervenzerschneidung gelähmte.

Die Fähigkeit der Zusammenziehung ist demnach eine mit der Mukelfaser unzertrennlich verbundene Lebenseigenschaft, die ihr nicht erst durch die Nerven ertheilt wird; die Nerven dienen lediglich dazu, dieselben unserem Willen zu unterwerfen, indem der von dem Centralnervensysteme ausgehende Impuls zur Bewegung auf die Muskeln übertragen wird.

Fragen wir nun nach den mechanischen Bedingungen, welche an dem Körper zur Vermittlung der Bewegung realisirt sind, so ergibt sich vor allen Dingen ein leicht vorauszusehendes Verhältniß

zwischen den Knochen und Muskeln. Erstere können gleich Stützpunkten und Hebeln betrachtet werden, an welchen die Muskeln wie Zugseile befestigt sind, und meist sogar tritt das Verhältniß ein, daß je nach Bedürfniß oder Zufall der eine Knochen als Stützpunkt dient, auf welchem der andere sich bewegt, und daß wieder in andern Momenten derjenige Knochen, welcher vorher festgestellt war, als bewegender auftritt und der andere die Rolle des stützenden übernimmt. Strecken wir, während wir im Lehnsessel sitzen, den Fuß gerade aus, der auf dem Boden stand, so bewegt sich der Unterschenkel auf dem fest gestützten Oberschenkel; stehen wir dagegen von dem Stuhle auf, so wird das Unterbein fest gestemmt, der Oberschenkel auf demselben bewegt und so der Körper in die Höhe gehoben. Selten nur treten solche Verhältnisse ein, wie an den meisten Gesichtsmuskeln, wo nur das eine Ende der Muskelfasern fest an Knochen geheftet ist, während das andere frei an der Haut und an weichen verschiebbaren Theilen sich endet, und demnach auch nur Bewegung an dem einen Ende des Muskels als Endresultat der Zusammenziehung auftreten kann. Endlich gibt es nur einige wenige Muskeln am menschlichen Körper, welche fast vollkommene Ringe darstellen und zum Verschließen und Oeffnen von einigen Oeffnungen angebracht sind, wie am Munde und After, wo die ganze Spalte durch die gleichförmige Zusammenziehung von allen Seiten zugeklemmt werden kann.

Ein altes Vorurtheil zieht sich noch durch manche Ansichten über die Art und Weise, wie man sich die Anheftung der Muskeln an den Knochen angeordnet denkt. Die Knochen bilden natürlicher Weise in den meisten ihrer Bewegungen wahre Hebel und die Gesetze ihrer Wirkung sind durchaus dieselben, wie bei den auf gleiche Weise construirten Hebeln, die wir in der Mechanik gebrauchen. So bildet unser Vorderarm einen einseitigen Hebel, dessen Anheftungspunkt in dem Ellenbogen gegeben ist und wo die ziehenden Seile, die Muskeln, zwischen dem Anheftungspunkte und dem Punkte, wo die Last angebracht ist, sich anheften. Es würde zu weit führen, hier auf die Gesetze des Hebels einzu-

gehen, welche der reinen Statik und Mechanik, der Physiologie aber nur in so fern angehören, als dieselben Gesetze an der Maschine des Körpers in Ausführung gekommen sind; aber erwähnen müssen wir, daß schon aus dem angeführten Beispiele erhellt, wie die Natur die Muskeln meist unter den ungünstigsten Verhältnissen angebracht hat. Wenn wir eine Last mit möglichster Ersparniß von Kraft in die Höhe heben wollen, so bringen wir sie auf einen möglichst kurzen Hebelarm und verdoppeln in wachsender Proportion unsere Kraft, indem wir diese Kraft an einem langen Hebelarme anbringen; wollen wir einen Stein, welcher der Anstrengung von zehn Männern nicht weichen würde, allein fortwälzen, so schieben wir die Spitze einer langen Stange unter seine Kante und stützen die Stange unmittelbar auf einen kleineren Stein, während wir an dem langen Ende der Stange unsere Kraft wirken lassen. Wollen wir ein Gewicht an einem einarmigen Hebel in die Höhe ziehen und dabei Kraft ersparen, so hängen wir das Gewicht so nahe als möglich an den Befestigungspunkt des Hebels und ziehen an dem andern Ende. So hat die Natur in unserem Körper nicht verfahren. Die Muskeln sind im Gegentheile meist in der Art angebracht, daß sie eine ungeheure Kraft verschwenden müssen, um eine kleine Wirkung hervorzubringen. Wir wissen dies schon aus unserer täglichen Erfahrung. Ein Sack, den wir in der Hand tragen sollen bei gekrümmtem Arme, ermüdet uns bald; hängen wir denselben um die Mitte des Armes, so ermüdet er schon weniger und in dem Ellenbogengelenke selbst können wir ihn eben so viele Stunden tragen, als wir ihn Minuten in der Hand gehalten hätten. Man hat diese Verhältnisse genauer berechnet und gefunden, daß die Wadenmuskeln eines Mannes, der auf dem einen Fuße stehend die Ferse emporhebt und sich auf die Zehen stellt, achtzigmal mehr Kraft entwickeln müssen, als ihre Wirkung beträgt, daß sie mithin statt 140 Pfund, die wir als Gewicht des Mannes annehmen wollen, in Wahrheit ein Gewicht von 11,200 Pfunden tragen. Man sieht aus diesem einzigen Beispiele, welches man bedeutend vervielfältigen könnte, daß es der Natur durchaus nicht darauf

ankam, Kraft zu sparen, und daß die kleinen Vortheile, welche sie durch Ausbildung von Knorren und Vorsprüngen erzielt, gar nicht in Betracht kommen gegen eine wahre Verschwendung, welche auf der andern Seite Statt findet.

Es liegt meistens in dem Bereiche unseres Willens, ob wir einen Muskel allein oder in Gesellschaft mit einigen andern wirken lassen wollen. Viele Bewegungen, und gerade die wichtigeren, beruhen aber auf dieser gemeinschaftlichen Wirkung der Muskeln und auf der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Zusammenziehung eines jeden einzelnen Muskels. Oft verlangt eine solche regelmäßige Folge von einzelnen Bewegungen, welche eine combinirte Bewegung hervorbringen sollen, ziemliche Uebung, zumal wenn die Bewegung stätig und nicht in einzelnen Absätzen ausgeführt werden soll. Nur Wenigen möchte es gelingen, ein mit Wasser gefülltes Glas im Kreise herum zu führen, ohne davon zu verschütten; es gehört eben zu dieser Bewegung ein allmähliges Ueberführen des Willens von einem Muskel zum andern, wodurch jeder zuckende Anstoß, jeder Anhalt vermieden wird und diese Bedingung läßt sich erst nach einiger Uebung erfüllen. Es gibt indessen manche combinirte Bewegungen, die von Anfang an mit einander unauflöslich verknüpft scheinen und über welche die Vereinzelung des Willens keine Kraft auszuüben vermag. Die meisten Combinationen eignen wir uns erst durch die allmählige Gewöhnung an; wir lernen gehen, laufen, schwimmen erst nach längerer Uebung und Anstrengung; alle diese erst erzogenen Combinationen sind wir ebenfalls durch Uebung fähig, wieder zu zersetzen und in ihre Einzelbewegungen zu zerlegen. Die meisten Menschen können bei gestreckter Hand den Ringfinger oder den kleinen Finger nicht allein beugen; die Uebung am Claviere lehrt sie bald, einen jeden Finger allein zu gebrauchen. Jede längere Uebung in gewissen Bewegungen bedingt allmählig eine Gewöhnung an diese wiederkehrenden Combinationen, die zuletzt unbewußt werden; die aber eben so leicht wieder durch Angewöhnung anderer Combinationen vertilgt werden können. Die relative Geschicklichkeit in allen Handwerken und Gewerben

beruht größtentheils auf diesem Grundgesetze der allmähligen Bildung von Bewegungscombinationen. Der Arbeiter, welcher heute in ein Geschäft eintritt, das er noch nicht kennt, bringt bei dem besten Willen und der größten Anstrengung nicht so viel vor sich, als der Geübte, welcher seit Jahren das Handwerk treibt. Der Eine muß die nöthigen Combinationen durch den speziell auf jeden einzelnen Muskel gerichteten Willen hervorbringen, während bei dem Andern die combinirten Bewegungen in ihrer Reihenfolge ausgeführt werden, ohne daß es einer besondern Aufmerksamkeit von seiner Seite bedarf.

Zu den gewöhnlichsten combinirten Bewegungen gehört das Gehen, dessen mechanische Bedingungen durch ausgezeichnete Untersuchungen vollständig erörtert sind. Bei dem ruhigen Stehen auf zwei Füßen ruht unser Oberkörper auf den säulenartig stützenden Beinen in der Art, daß seine Schwerlinie zwischen die beiden Fersen fällt. Natürlicher aber, weniger ermüdend und darum auch wohl als die ungezwungenste Stellung des Körpers ist diejenige zu betrachten, wo der Körper auf den zwei Beinen zwar ruht, aber doch wesentlich nur auf dem einen, hinteren, während das andere etwas vorangestellt ist und so die Schwerlinie, statt zwischen die Fersen beider Füße, etwa auf den Ballen des hinteren Fußes fällt. Das Gehen beruht auf einer abwechselnden Uebertragung des Körpers auf das eine oder andere Bein, während welcher Uebertragung zugleich die Beine den Ort wechseln und voran sich bewegen. Bei jedem Doppelschritte kommt demnach einmal das linke, einmal das rechte Bein an die Reihe, vorwärts bewegt zu werden, und umgekehrt stützt zuerst das rechte, dann das linke Bein den Körper, während das andere vorwärts schwingt. Das vorwärts sich bewegende, ausschreitende Bein wird etwas im Kniegelenke gebogen, um bei seiner Bewegung den Boden nicht zu berühren, und schwingt nun wie ein Pendel, einzig durch den Druck der Luft getragen, vorwärts, während das stützende Bein sich vorwärts neigt und der Körper so wörtlich voran fällt. Ehe aber der Körper fällt, hat das schwingende Bein seine Pendelschwingung vollendet, und stützt, auf den Boden stemmend,

von neuem den Körper. Nun wird das hinten gelaſſene Bein gehoben; zuerſt wickelt ſich die Ferſe, dann der Ballen vom Boden ab und bei dieſer Abwickelung wird durch Streckung des Fußes dem Körper eine Wurfbewegung ertheilt, wodurch er nach vornen geſchleudert wird. Indem der Körper während dieſer Wurfbewegung auf dem zuerſt ausgeſchrittenen Beine ſtützt, vollzieht das zweite ſeine Pendelſchwingung und hält den Körper zu rechter Zeit im Falle auf.

Es ergibt ſich aus dieſer Analyſe des menſchlichen Ganges, daß derſelbe wirklich ein beſtändiges Vorwärtsfallen des Körpers darſtellt, welches eben ſo regelmäßig durch die vorwärts ſchwingenden und unterſtützenden Beine verhindert wird. Bei dem Gehen findet demnach eine Abwechſelung zwiſchen zwei Momenten Statt. In dem einen beſchreibt der Körper, auf das eine Bein geſtützt, eine Wurfbewegung, in dem andern ſtützt er ſich auf beide Beine zugleich. Je langſamer der Schritt iſt, deſto länger dauert der zweite Moment, deſto länger ruht der Rumpf auf beiden Beinen; je ſchneller man geht, deſto mehr wird dieſes Moment verkürzt und beim Laufen iſt es auf Null reducirt. Der Lauf unterſcheidet ſich dadurch vom Schritt, daß ſtets nur ein Bein den Körper ſtützt, daß beide Füße mit einander vollkommen abwechſeln, ſomit der eine in demſelben Augenblicke den Boden verläßt, wo der andere ihn berührt. Die Wurfbewegung des Körpers iſt natürlich bei dem Laufe viel größer und es wird dieſer mitgetheilten Geſchwindigkeit halber um ſo unmöglicher, ſich im Laufe aufzuhalten, als dieſer ſchneller iſt. Sobald der Lauf ſchneller wird, ſo gibt es ſogar eine gewiſſe Zeit, während welcher der Körper frei in der Luft ſchwebt, ohne auf irgend eine Weiſe geſtützt zu ſeyn, und wo er demnach förmlich, wie beim Sprunge, vorwärts geſchleudert iſt. Der Lauf iſt demnach ein Uebergang vom Gange zum Sprunge und wir unterſcheiden nur deßhalb zwiſchen dieſen beiden Bewegungen, weil wir beim Laufe eine Menge kleiner Sprünge zu einer horizontal fortſchreitenden Bewegung verbinden, während wir unter Sprung mehr eine einzelne größere Kraftanwendung verſtehen, bei welcher wir

die verschiedenen Gelenke des Fußes und selbst des Körpers zusammenbeugen, um sie dann gleich gebogenen Federn plötzlich auseinander zu schnellen und dadurch dem Körper eine gewaltige Wurfbewegung zu ertheilen, in welcher dann die Beine nachgezogen werden. Die vertikale Erhöhung, welche der Rumpf beim Sprunge erreichen kann, ist indeß nicht so bedeutend, als man von vorn herein glauben sollte. Ein geübter Springer kann ohne Benutzung von Sprungbrettern und ähnlichen Apparaten, welche durch ihre Federkraft die Wurfbewegung erhöhen, über eine Barriere springen, die so hoch als er selbst ist. Diese Höhe erscheint freilich beträchtlich; bedenkt man aber, daß bei solchem Sprunge die Beine dicht an den Leib angezogen werden, und daß somit von der Höhe des Sprunges die ganze Länge der Beine abgezogen werden muß, so wird unsere Bewunderung um vieles geringer. Die vertikale Höhe, in welche ein Mensch seinen Körper im Sprunge schleudern kann, erreicht im Ganzen höchstens fünf Fuß und es muß dieselbe nicht nach der Höhe, über welche man setzt, sondern nach der Höhe geschätzt werden, welche der Scheitel erreicht. Der Unterschied zwischen der Höhe des Scheitels bei aufrechtem Stehen und der Höhe, welche der Scheitel im Sprunge erreicht, drückt eigentlich die wahre Sprunggröße aus. Ein Gleiches findet bei den Thieren Statt. Man beobachte ein Reh, einen Hirsch, wenn er über eine Hecke setzt. Die Vorderbeine werden so unter den Leib geschlagen, daß sie fast an den Seiten desselben anliegen, die Hinterbeine, nachdem sie den Schwung gegeben haben, gerade ausgestreckt, so daß die ganze Unterfläche des Thieres eine horizontale Linie bildet. Gesetzt, der Hirsch hätte drei Fuß lange Beine, so wird er, wenn sein Körper im Sprunge sechs Fuß hoch emporgeschnellt wird, über ein neun Fuß hohes Hinderniß wegspringen können.

Ein Schritt kann im Durchschnitte auf die Länge von zwei Fußen oder 65 Centimetern angenommen werden. Das schnellere Gehen, so wie das Laufen, bringt nicht durch Verlängerung der Schritte, sondern vielmehr durch Beschleunigung derselben eine bedeutende Zeitersparniß bei gleicher Distanz. Man hat berechnet,

daß der französische Soldat bei gewöhnlichem Marschiren 76 Schritte in der Minute macht, während der Geschwindschritt 100 und der Sturmschritt 126 Schritte in der Minute zählt. Bei der preußischen Armee dürften des dort eingeführten unnatürlichen Hahnenschrittes wegen diese Verhältnißzahlen etwas geringer ausfallen. Es ergibt sich daraus, daß der Soldat im gewöhnlichen Schritte etwa zwei und einen halben Fuß in der Sekunde zurücklegt, während er im Sturmschritte etwa drei und einen halben Fuß in der Sekunde durchmißt. Geübte Läufer sollen vierzehn, andere sogar selbst dreißig Fuß in der Sekunde zurückgelegt haben, eine Schnelligkeit, welche fast denen der besten Pferde gleichkommt. Es ist leicht einzusehen, daß die Bewegungen bei solcher Schnelligkeit in anderer Weise ausgeführt werden müssen, als bei den oben angeführten Normalverhältnissen; daß die Schwingung des Beines namentlich in gar keinen Betracht kommen kann und durch Muskelthätigkeit ersetzt werden muß, indem die zur Pendelschwingung erforderliche Zeit viel zu lange dauern würde.

Es würde zu weit führen, wollten wir die übrigen Bewegungen des Menschen eben so behandeln, wie das Gehen. Indem wir diese am vollständigsten untersuchte combinirte Bewegung auswählten, wollten wir nur zeigen, in welcher Weise solche Combinationen geschehen und wie der Wille noch einen bedeutenden Einfluß auf dieselben üben kann, indem er im Stande ist, jedes einzelne Moment derselben zu modificiren. Es gibt indessen gewisse Bewegungscombinationen, über welche wir nur bis zu einem gewissen Grade Herr sind; dahin gehören unter andern die Athem- und Schluckbewegungen. Wir können länger oder kürzer, tiefer oder oberflächlicher athmen, den Athem anhalten oder beschleunigen, ganz nach unserem Belieben, so gut als wir gehen oder laufen, springen oder hüpfen können; allein es ist uns unmöglich, durchaus den Athem anzuhalten, alle Athembewegungen aufzuheben und wenn es nur auf wenige Minuten wäre. Nach kurzem Anhalten des Athmens tritt Beängstigung, Herzklopfen, Zittern der Glieder ein, und wenn auch der Wille sich noch so sehr dagegen sträubte, er wird überwunden und ein

Athemzug vollbracht, der wieder frisch die Respiration bethätigt. Man hat gesagt, Sklaven tödteten sich zuweilen in Amerika durch freiwilliges Anhalten des Athmens; die Sache ist zu gut ausgedacht, um richtig seyn zu können. Ebenso verhält es sich mit den Schluckbewegungen. Dieselben sind durchaus freiwillig; wir können schlucken, wenn wir wollen; wenn aber ein Bissen in die hinteren Theile des Rachens gelangt ist, so mag man sich anstellen wie man will, man muß unwillkührlich schlucken.

Die Emancipirung einzelner Bewegungen vom Willen bleibt indeß nicht bei der theilweisen Befreiung stehen, die wir an den eben angeführten Beispielen sahen, sondern sie geht noch weiter. Es gibt im Körper eine ganze Reihe von Bewegungen, die durchaus der Herrschaft unseres Willens entzogen sind. Die Bewegungen des Herzens, der Gedärme, der ausführenden Gänge der Drüsen gehören zu dieser Klasse der unwillkührlichen Bewegungen, welche auch meist durch eigenthümliche Muskelfasern bedingt werden. Das Herz besitzt noch Muskelfasern mit quergestreifter Scheidenhülle; der Darm hingegen, die Drüsengänge zeigen nur einfache Primitivfäden, welche nicht bündelweise in Scheiden eingehüllt sind und deßhalb auch keine Querstreifen zeigen. Die unwillkührlichen Bewegungen dieser Organe sind von unserem Willen durchaus, von dem Centralnervensysteme fast gänzlich unabhängig und das sympathische Nervensystem spielt ihnen gegenüber dieselbe Rolle, welche das Centralnervensystem den willkührlichen Muskeln gegenüber einnimmt. Bei der Unabhängigkeit des sympathischen Nervensystemes und der nachgewiesenen Entstehung seiner Fasern und den Ganglienkugeln, welche im Körper zerstreut liegen, kann dies Verhältniß durchaus nicht befremden. Die wurmförmigen Bewegungen des Darmes, die rhythmischen Bewegungen des Herzens dauern nach der Zerstörung des Hirnes und Rückenmarkes fort, sobald man nur hinsichtlich der letzteren die Vorsicht gebraucht, die künstliche Athmung einzuleiten. Selbst das ausgeschnittene Herz pulsirt noch in regelmäßiger Folge. Es zeigt dieser Versuch gerade, daß auch im Bereiche der unwillkührlichen Bewegungen nothwendige Combinationen, wie bei den

willkührlichen vorkommen; das Herz zieht sich stets in der Art zusammen, daß zuerst die Vorhöfe, dann die Kammern in Systole treten; bei Reizung des Darmes an einer bestimmten Stelle pflanzt sich die Bewegung nach unten fort, ganz so wie dies im Leben während der Verdauung geschieht. Man hat in diesem Fortpflanzen der wurmförmigen Bewegungen eine Eigenthümlichkeit der unwillkührlichen Muskeln sehen wollen; ich kann darin eben nur eine Combination erkennen, ähnlich den Combinationen der willkührlichen Bewegungen, die wir oben erwähnten.

Zum Schlusse dieses Briefes sey noch kurz einer eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, deren Existenz eigentlich nur bekannt ist, ohne daß wir uns einen Begriff von ihrem Nutzen machen könnten. Ich meine die sogenannte Flimmer- oder Wimperbewegung. Die Schleimhaut der Nase, der Luftröhre, der innern weiblichen Geschlechtstheile ist beim Menschen von einer eigenthümlichen Lage einer Oberhaut überzogen, die aus kleinen Zellen besteht, deren jede mehrere unendlich kleine Wimperhaare trägt, welche in beständig schwingender Bewegung sind. Nur die Zerstörung der Zelle oder der Wimpern hemmt die Bewegung; jeder andere Einfluß ist unwirksam; sie hängen weder von dem Nervensysteme, noch von dem Kreislaufe ab; die Wimpern abgeschabter, isolirter Zellen flimmern so lange fort, bis die Zelle sich zu zersetzen anfängt. In dem Thierreiche ist diese Erscheinung ungemein weit verbreitet und man kann wohl sagen, daß um so mehr Oberflächen des Thieres flimmern, je tiefer das Thier selbst in der Reihe steht. Das Phänomen ist indeß nicht bloß auf das Thierreich beschränkt; die Samenkörner oder Sporen der meisten niederen Wasserpflanzen, der Algen und Tange besitzen ebenfalls einen Ueberzug von Flimmerhaaren, womit sie sich sehr behende im Wasser nach allen Richtungen hin bewegen und zwar in einer Art bewegen, daß die Zweckmäßigkeit und man möchte fast sagen, die Willkührlichkeit dieser Bewegungen kaum in Abrede zu stellen ist. Die willkührliche Bewegung mittelst eigener Bewegungsorgane war bisher das letzte Criterium für den Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen in jenem Bereiche der niedersten

Geschöpfe, wo die beiden sonst so verschiedenen Typen der organischen Wesen einander die Hand zu reichen scheinen; die Beobachtungen der letzten Zeit haben dieses früher so leicht erfaßliche Kennzeichen untauglich gemacht. Es ist wahrlich unmöglich, an den Bewegungen allein zu unterscheiden, ob man die Spore einer Alge oder ein grünes Infusionsthierchen vor sich habe; erst wenn man die Algenspore sich setzen und fadenartig verlängern sieht, erst dann erkennt man ihre pflanzliche Natur. Das Beispiel des größten Infusorienkenners unserer Zeit beweist, wie unmöglich die aus der Bewegung entnommene Unterscheidung ist. Sein Buch wimmelt von pflanzlichen Organismen, die als Thiere beschrieben sind.

Bei vielen niederen Thieren ist die Flimmerbewegung das einzige Bewegungsmittel; bei andern bewegt sie die Nahrungsmittel im Innern des Darmes, das Blut im Innern der Gefäße. Auch bei dem Menschen muß auf der Oberfläche der flimmernden Schleimhäute ein beständiger Strom Statt finden, da die Wimperhaare, welche sich auf einer Membran befinden, nach derselben Richtung hin schlagen. Man hat geglaubt, daß dieser Strom die Beförderung des Schleimes nach außen übernehmen könne, daß er auf andern Häuten durch Beförderung von außen nach innen besondere Zwecke erfülle, allein es hat sich gezeigt, daß er meist in entgegengesetzter Richtung lief, als man postulirte. Bis jetzt kann man nicht einmal eine Vermuthung haben, weßhalb die Natur einzelne Schleimhäute mit solcher Flimmerbewegung versehen habe und andere nicht; der Zweck derselben ist uns gänzlich unbekannt.

Sechzehnter Brief.

Die Stimme und Sprache.

Die Veredlung des Menschengeschlechtes, seine selbstständige Fortbildung ist einzig möglich gemacht worden durch die Fähigkeit, mittelst der Sprache die Gedanken mittheilen zu können, welche dadurch Gemeingut Aller werden müssen, während sie bei den Thieren größtentheils im Besitze des Individuums eingeprägt, mit der Vernichtung desselben untergehen und keinen weiteren Einfluß auf die Veredlung der Art ausüben. Ich will damit nicht behaupten, daß die Thiere nicht fähig seyen, einander Mittheilungen zu machen, die mehr oder weniger beschränkt sind, je nach dem Gesichtskreise ihrer Ideen; ich glaube im Gegentheile, daß die Sprache der Thiere kein leeres Spiel der Phantasie ist, sondern daß eine solche existirt, die aber etwa eben so beschränkt ist, als die Sprache der Cretins, welche nur fähig sind, die gewöhnlichsten Thatsachen und Vorkommnisse einander durch gewisse artikulirte Töne mitzutheilen. Hund Scipio und Braganza sind Schöpfungen der Phantasie; wenn aber Jagdhunde mit einander jagen gehen, erst eine Zeitlang gesenkten Kopfes neben einander hertrotten, dann plötzlich sich trennen und nun der eine schnurstracks nach einem bekannten Wechsel läuft, während der andere im Walde sucht und den Hasen nach dem Orte hintreibt, wo sein Kamerad wartet — will man dann läugnen, daß Verabredung zwischen den Hunden Statt gefunden und beide überein gekommen sind, der eine zu jagen und der andere an bestimmter Stelle zu warten? Man könnte diese Beispiele ins Unzählige vermehren,

man könnte sogar nachweisen, daß eine gewisse Erziehung bei den Thieren Statt findet, eine Verbesserung des einen durch den andern; allein alle diese Beispiele würden nur zeigen, daß dem Menschen auch in Hinsicht der Sprache kein absoluter Vorzug, sondern nur eine relative Ueberlegenheit zu Theil wurde. Es gibt überhaupt keine einzige Funktion des menschlichen Körpers und somit auch keine einzige Eigenschaft des Geistes, keine einzige Fähigkeit, die ihm allein zukäme, die ihn von allen andern Geschöpfen unterscheiden könnte; das Mehr oder Minder derselben und ihre eigenthümliche zweckmäßige Vereinigung geben dem Menschen allein seine Ueberlegenheit. Man findet somit auch Mittheilung, Sprache bei den Thieren, allein sie ist in rudimentärem Zustande, wie bei dem lallenden Kinde und eben so wenig als bei diesem fähig, zur Veredlung des Geschlechtes im Ganzen mitzuwirken.

Das Organ der Stimmbildung ist der Kehlkopf, den das gewöhnliche Leben auch mit dem Namen des Adamsapfels belegt. Bei Männern bildet er meist einen deutlichen Vorsprung an der vorderen Seite des Halses, und die Tradition behauptet, Adam habe bei dem bekannten Apfelbiß sich heftig gegen die Zureden Eva's gesträubt, bis diese endlich ihm den Apfel halb mit Gewalt in den Mund gestopft habe, wobei ihm der Krutzen in die Luftröhre gerathen und dort stecken geblieben sey. Der Kehlkopf bildet den oberen Theil der Luftröhre; durch eine Längsspalte, die sogenannte Stimmritze, öffnet er sich in dem hinteren Theile des Rachens an der Wurzel der Zunge in die Rachenhöhle. Blickt man bei geöffnetem Munde, während man die Zunge tief niederdrückt mittelst eines Löffelstiels, in den Spiegel, so erblickt man im Hintergrunde der Mundhöhle auf beiden Seiten zwei spitzbogenartig gewölbte häutige Vorsprünge, die Gaumenbogen, welche Coulissen gleich nach der Mitte hin vorgeschoben und wieder zurückgezogen werden können. Von dem Dache der Mundhöhle senkt sich ein häutiger Vorhang mit einer mittleren beweglichen, hakenartigen Verlängerung, das Gaumensegel mit dem Zäpfchen. Alle diese im Hintergrunde der Mundhöhle angebrachten Gebilde schließen

dieselbe bei geschlossenem Munde meist förmlich nach hinten ab und hinter ihnen findet sich eine geräumige Höhle, die Rachenhöhle, in welche die Luftröhre durch die Stimmritze des Kehlkopfes, der Schlund und die Nasenhöhle durch ihre hinteren Oeffnungen einmünden. In diesem Punkte kreuzen sich mithin die beiden Wege für die Luft einerseits und die Nahrungsmittel andererseits. Der normale Weg für die Ein- und Ausathmung geht durch die Nase, den Kehlkopf, die Luftröhre; der normale Weg für die Nahrungsmittel durch Mund, Schlundkopf und Schlund. Während demnach bei ruhigem Athmen der Luftzug durch die beweglichen Gaumengebilde von dem Nahrungswege abgeschnitten ist, so findet sich über der Stimmritze ein klappenartiger Deckel, der Kehldeckel oder die Epiglottis, durch welche beim Hinabschlingen der Speisen die Stimmritze verdeckt und somit der Luftweg geschlossen werden kann, während die Speisen an seiner Oeffnung vorbei in den Schlund gleiten, welcher hinter der Luftröhre sich öffnet. Bei dem Bilden artikulirter Töne endlich stehen beide Wege in ihrem vorderen Theile offen und die beweglichen Gaumentheile, die Zunge und der Mund nehmen den lebhaftesten Antheil an der Bildung und Modificirung einzelner Töne und Buchstaben. Vor allen Dingen wird es nöthig seyn, die Bedingungen zu untersuchen, welche der Tonbildung zu Grunde liegen, und dann erst nachzuforschen, inwiefern die gebildeten Töne bei der Sprache benutzt werden.

Den Kehlkopf bildet das obere angeschwollene Mundstück der Luftröhre, die durch ihre elastischen Knorpelringe beständig offen erhalten wird. Aus mehreren beweglichen Knorpeln zusammengesetzt, welche durch vielfache Bänder zusammengehalten, durch Muskeln sowohl einzeln gegen einander, als auch in ihrer Gesammtheit bewegt werden können, bietet der Kehlkopf ein äußerst veränderliches bewegliches Organ dar, dessen physikalische Verhältnisse nur äußerst schwer dem Versuche zugänglich waren. Erst der Scharfsinn und die Ausdauer neuerer Beobachter haben über diese Schwierigkeiten triumphiren und uns ein, freilich auch jetzt noch unvollständiges Bild der an dem Kehlkopfe statt findenden Thätigkeiten aufstellen können.

Auf dem letzten Ringe der Luftröhre sitzt ein vollständiger fester Knorpelring, der Ringknorpel, der vorne nur schmal ist, hinten aber breit wird, so daß er etwa wie ein großer Siegelring sich darstellt, bei welchem die breite Fläche des Siegels der Wirbelsäule und dem Schlunde zugekehrt ist, während die schmale Handfläche nach außen schaut. Auf diesem Ringe ruht vorne ein großer, winkelförmiger Knorpel, aus zwei unregelmäßig dreieckigen seitlichen Stücken bestehend. Dies ist der Schildknorpel und die vordere Kante, in welcher sich seine beiden flügelartigen Seitenhälften vereinigen, bildet jenen Vorsprung am Halse der Männer. An der hinteren Seite dieser Flügel, zwischen ihnen und dem breiten Theile des Ringknorpels, finden sich zwei kleine, äußerst bewegliche Knorpel, die Gießkannenknorpel, welche so auch oben den Kehlkopf zurunden. Ueber dem Schildknorpel endlich steht aufrecht der zungenartig gestaltete Kehldeckel, der nach hinten überklappen und die obere Oeffnung des Kehlkopfes, die Stimmritze, schließen kann.

Die hauptsächlichsten Organe der Tonbildung sind zwei faserig elastische Bänder, welche von hinten nach vorn zwischen den Gießkannenknorpeln einerseits und der inneren Wand des Schildknorpels so ausgespannt sind, daß sie eine mittlere, mehr oder minder weite Spalte zwischen sich lassen. Dies sind die Stimmbänder, ohne deren Mitwirkung kein Ton entstehen kann. Betrachtet man den Kehlkopf von unten her, nachdem man ihn von der Luftröhre losgetrennt hat, so sieht man die Höhlung des Ringknorpels oben geschlossen durch den feinen Spalt der Stimmritze, welcher zwischen den beiden Stimmbändern liegt; in ähnlicher Weise zeigt sich die Stimmritze von oben, sobald man den Kehldeckel zurückgebogen hat. Schneidet man bei einem lebenden Thiere ein Loch in die Luftröhre oder in den Ringknorpel unterhalb der Stimmbänder, so daß die ausgeathmete Luft nicht mehr durch die Stimmritze, sondern durch die künstliche Oeffnung entweicht, so ist jede Hervorbringung von Tönen unmöglich; — sobald man das Loch aber mit dem Finger schließt und so die Luft zwingt, von neuem die Stimmritze zu durchströmen, so werden auch wieder Töne

erzeugt. Versuche an Thieren, so wie Beobachtungen an Selbstmördern, deren Schnitt an dem Halse zu hoch angebracht war, führten ebenfalls zu dem Resultate, daß die Tonbildung nur durch die Stimmbänder geschehe. Man hat öfter solche Unglückliche behandelt, welche unmittelbar über dem Schildknorpel oder an dessen oberen Theile den Schnitt geführt, und so den Kehldeckel, oder gar die obere Hälfte des Schildknorpels abgetragen hatten, so daß die Stimmbänder frei gelegt waren. Tonbildung war dann nach wie vor möglich und nur wenn die Stimmbänder selbst verletzt waren, zeigte sich vollkommene Stimmlosigkeit.

Aus diesen Thatsachen schon geht hervor, daß die Luftröhre mit dem Ringknorpel eine Röhre darstellt, deren oberes Ende durch eine Ritze gebildet wird, an welcher zwei elastische Bänder angebracht sind, die mehr oder weniger gespannt werden können und die beim Blasen durch die Röhre (Ausathmen) den Ton hervorbringen. Das stimmbildende Organ stellt demnach eine Zungenpfeife dar, in welcher die Töne durch Schwingungen häutiger elastischer Zungen hervorgebracht werden und deren Ansprachrohr die Luftröhre ist. Die über den schwingenden Zungen, den Stimmbändern gelegenen Theile, nämlich die weichen Theile des oberen Kehlkopfes, Kehldeckel, Rachen-, Mund- und Nasenhöhle, bilden ein mannichfach complicirtes Ansatzrohr oder Verlängerungsrohr, in welchem theils durch Resonanz der Ton verstärkt, theils eigenthümlich modificirt wird.

Die verschiedene Höhe und Tiefe der Töne, welche an dem Kehlkopfe hervorgebracht werden, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Eine der wesentlichsten ist die größere oder geringere Spannung der Stimmbänder und die dadurch bedingte Häufigkeit der Schwingungen, welche sie in einer bestimmten Zeit ausüben. Die Weite der Stimmritze hat auf die Höhe oder Tiefe der Töne keinen Einfluß; indeß ist es doch nothwendig, daß die Stimmritze eine feine linienförmige Spalte von höchstens einem Zehntel Zoll querem Durchmesser bilde. Ist die Stimmritze weiter, als eine Linie, so entsteht kein Ton mehr, sondern nur ein Röcheln und Rasseln; die Luft brodelt zwischen den Stimmbändern durch, ohne daß sie

hinlänglich dieselben in Schwingung versetzen könnte, um einen wahren Ton zu erzeugen.

So wie aber der Ton einer schwingenden Saite dadurch erhöht werden kann, daß man ihre Länge verkürzt, so ist dies auch mit den Stimmbändern der Fall. Je kürzer diese schon von Natur sind oder je mehr sie am lebenden Kehlkopfe verkürzt werden, desto mehr erhöht sich der Ton. Auf diesem Grunde schon beruht der Unterschied zwischen den Tönen der männlichen Kehlköpfe einerseits und derjenigen der Frauen und Kinder anderseits. Die mittlere Länge der Stimmbänder des Mannes beträgt in der Ruhe 18¼ Millimeter; in der größten Spannung 23⅙ Millimeter; beim Weibe zeigen die Stimmbänder in der Ruhe eine mittlere Länge von 12⅔ Millimeter; in der größten Spannung 15⅔ Millimeter. Bei einem Knaben von 14 Jahren verhielten sich beide Maße in folgender Art: Länge in der Ruhe 10½ Millimeter, bei der größten Spannung 14½ Millimeter. Zu dem Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschlechtern und dem Kindesalter trägt dann noch die verschiedene Geräumigkeit des Kehlkopfes, die Festigkeit seiner Wände, die Starrheit seiner Bänder bei. Der Kehlkopf des Mannes ist weit größer, der Winkel, unter welchem die beiden Flügel des Schildknorpels in der Mittelkante zusammenstoßen, stärker, die Knorpel dicker und fester, die Bänder starrer. Daher dann auch die größere Unbeholfenheit in der schnellen Hervorbringung der Töne bei dem männlichen Geschlechte, der tiefere Klang, die eigenthümliche Farbe der hervorgebrachten Töne. Besonders die Starrheit der Bänder, Knorpeln und Muskeln scheint hier einen wesentlichen Einfluß zu üben, da die Singfertigkeit in geradem Verhältnisse mit der Stimmhöhe steht, vorausgesetzt, daß Uebung und Schule sonst gleich seyen. Der Bassist bedarf im Durchschnitt mehr Zeit zur Hervorbringung einer Roulade, einer Tonfolge, als der Tenorist, und die Weiber sind in diesem Verhältnisse weit mehr bevorzugt als die Männer. Die Musiker haben dies weit eher gewußt, als die Physiologen; die Baßstimmen bewegen sich meist in vollen Noten, während die Tenore Achtel anschlagen und die Soprane

Zweiunddreißigstel trillern; und wenn zuweilen in komischen Opern scheinbare Ausnahmen vorkommen und zänkische Alte in raschen Noten sich vernehmen lassen, so bleibt die Stimme meist auf demselben Tone liegen und nur die Aussprache zerstückelt den langen Ton in viele einzelne.

Die elastischen Bänder, zu welchen eben die Stimmbänder gehören, haben indeß vor den Saiten, mit welchen sie öfter verglichen wurden, noch ein Verhältniß voraus, wodurch der Ton, welchen sie geben, erhöht oder erniedrigt werden kann. Bei sonst gleicher Spannung, die indeß nicht zu stark seyn darf, kann eine elastische Zunge zwei sehr verschiedene Töne geben, je nachdem sie in ihrer ganzen Breite oder nur an ihrem Rande schwingt; in dem letzteren Falle ist der Ton weit höher, heller als in dem ersteren Falle. Bei dem menschlichen Stimmorgane ist diese Eigenthümlichkeit der elastischen Bänder in Anwendung gezogen und dadurch der Unterschied der Brusttöne und der Falsettöne bedingt. Beim Hervorbringen des Brusttones schwingen die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite und Länge in wellenförmigen Biegungen; bei dem Falsettone schwingt nur ihr innerster Rand, ebenfalls in seiner ganzen Länge. Je stärker das Stimmband gespannt ist, desto schwieriger ist es in seiner ganzen Breite zum Schwingen zu bringen; mit zunehmender Spannung wird der schwingungsfähige Rand stets schmäler und schmäler, der Ton stets höher und höher. Wir können daher die oberen Töne unserer Stimme nur mit dem Falsetregister, d. h. mit randlich schwingendem Stimmbande geben, während wir in den Mitteltönen einen gewissen Umfang von Tönen besitzen, welche wir, je nach unserer Absicht oder Bequemlichkeit, entweder als Brustton oder als Falsetton ansprechen können. Singen wir die Tonleiter unserer Stimme von ihren tiefsten Tönen an, wo die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite schwingen, so geben wir die höheren Töne weit leichter mit der Bruststimme, indem wir eben die Spannung nur nach und nach verstärken, das Stimmband aber bis zur letzten Gränze in seiner ganzen Breite schwingen lassen, um es dann in eine andere Stellung zu bringen, wo nur der Rand schwingt; fangen

wir im Gegentheile die Tonleiter von oben an, mit nur randlich schwingenden Stimmbändern, so sprechen wir gewisse Töne im Falsettone an, welche wir von unten auf im Brusttone nahmen. Der Unterschied des Jodelns von dem gewöhnlichen Singen beruht wesentlich auf dem schnellen Wechsel zwischen Brustregister und Falsetregister; der Jodeler gibt die meisten Mitteltöne, welche ein anderer Sänger mit dem Brusttone singt, mit dem Falsetregister an und bei dem schärferen Klange der Falsettöne erscheinen dieselben im Gegensatze zu den volleren Brusttönen weit höher und der Abstich bedeutender. Vielen Sängern ist es unmöglich, zu jodeln, weil ihnen der schnelle Absprung von Brustregister auf Falsetregister und umgekehrt nicht möglich ist, und die meisten Sänger wissen sehr gut, in welcher Tonfolge ihnen ein hoher Ton gegeben werden muß, damit sie ihn voll und tönend ansprechen können.

Eine letzte Möglichkeit der Erhöhung des Tones, welchen eine schwingende Zunge gibt, liegt in der Stärke des Windes, womit dieselbe angeblasen wird. Bei gleicher Spannung kann dadurch an den menschlichen Stimmbändern der Ton im Umfange einer Quinte erhöht werden. Man sieht leicht ein, daß diese Wirkung des Windes lediglich auf der durch ihn bedingten Spannung der Stimmbänder beruht. Je stärker die ausgeathmete Luft gegen dieselben bläst, desto mehr werden die Stimmbänder hervorgetrieben und bei sonst gleicher Stellung der spannenden Knorpel, wie ein Segel stärker angeschwellt und so ihr Ton erhöht. Es zeigt aber dies Verhältniß, daß das An- und Abschwellen der Töne beim Singen nicht so einfach ist, als manche Singlehrer sich vorstellen, sondern daß es eines wirklichen Studiums und vieler Uebung bedarf, bis der Sänger denselben musikalischen Ton bei Veränderung seiner Stärke genau inne hält. Je mehr er den Ton verstärkt durch heftigeres Ausathmen, desto mehr muß er die Stimmbänder abspannen, um die durch Verstärkung des Windes bewirkte Erhöhung zu compensiren. Nicht Jedem aber ist es gegeben, diese beiden Kräfte stets in vollkommenem Gleichgewichte zu halten, und sobald dies Gleichgewicht gestört ist, so detonirt die Stimme beim Schwellen des Tones.

Durch verschiedene Spannung der Stimmbänder läßt sich allein schon ein Wechsel von Tönen im Umfange von etwa 2 Octaven bei gewöhnlichen Kehlköpfen hervorbringen. Der gewöhnliche Umfang einer Stimme beträgt 2, höchstens $2\frac{1}{2}$ Octaven von Tönen, welche rein und musikalisch angegeben werden können; die meisten Menschen besitzen noch einige Töne darunter oder darüber, welche entweder schreiend oder zu dumpf sind, als daß sie beim Gesange benutzt werden können. Ausgezeichnete Sänger und Sängerinnen erreichen einen weit bedeutenderen Umfang — daß es Jemand bis zu 4 Octaven gebracht habe, ist nicht bekannt.

Wenn wir aus den Versuchen an todten Kehlköpfen bis jetzt mit ziemlicher Genauigkeit die Bedingungen der Tonbildung ermitteln konnten, so fehlen uns dagegen noch alle näheren Angaben über das Verhalten der höheren Theile des Stimmapparates zum Gesange namentlich. Daß dieselben den größten Einfluß auf die Tonfarbe, den Klang, die Völle und Rundung des Tones haben müssen, kann nicht in Abrede gestellt werden; wir wissen aber nicht, welchen Beitrag der Kehldeckel, die Geräumigkeit der Rachenhöhle, der Nasenröhre, der Mundhöhle, die Bildung der Zunge, des Gaumens und der Lippen auf alle die Nebenverhältnisse haben, welche dem Gesange erst seine wahre Vollendung verleihen.

Die Sprache besteht in der Benutzung der verschiedenen Theile, welche mit den Luftwegen in Verbindung stehen, zu artikulirten Lauten, die aber nicht allein vom Kehlkopfe, sondern von allen verschiedenen Theilen des Mundnasenrohres hervorgebracht werden können. Nur bei den Vokalen betheiligen sich die Stimmritze und die Stimmbänder insofern, als sie einen Ton hervorbringen, welcher Ton aber durch die verschiedenen Modifikationen des Mundnasenrohres erst artikulirt und in einen Vokal umgewandelt wird. Die Stimmritze allein kann nie einen Vokal hervorbringen; ihre Schwingungen erzeugen nur den musikalischen Ton; wäre dies nicht der Fall, so könnte man nicht jeden Vokal in jedem beliebigen Tone singen. Man wählt freilich bei Singübungen meist das a; allein dies nur aus dem einfachen Grunde,

weil das a eben eine bedeutende Oeffnung des Mundes und der Zahnreihen verlangt und deßhalb den Ton in seiner größten ursprünglichen Reinheit läßt, während alle andern Vokale mehr oder minder eine Verkleinerung der Mundspalte, des Mundraumes oder der Gaumenhöhle verlangen und dadurch den Ton mehr oder minder verhüllen und unklar machen. Nationen, welche das reine a in ihrer Sprache nicht besitzen, weil sie zu faul sind, den Mund gehörig zu öffnen, wie z. B. die Engländer, besitzen deßhalb auch stets einen gequetschten unangenehmen Gesang, dessen sie nur durch größte Anstrengung sich entledigen können.

Es würde zu weit führen, hier nachweisen zu wollen, in welcher Weise die verschiedenen Theile der Sprachwerkzeuge arbeiten, um die einzelnen Buchstaben, seyen es nun Vokale oder Consonanten hervorzubringen. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Reihen von Buchstaben besteht darin, daß bei den ersteren die Stimmritze wirklich einen musikalischen Ton hervorbringt, bei den letzteren aber nicht, und die Tonbildung, wenn eine solche vorhanden, in den vorderen Theilen der Sprachwerkzeuge geschieht. Meist indeß können die Consonanten nur als bestimmte Geräusche, bald durch diese, bald durch jene Organe hervorgebracht, aufgefaßt werden und die Sprachen der civilisirten Völker besitzen nur solche Consonanten, welche Geräusche bilden. Bei geringeren Graden der Kultur werden indeß auch Schnalz- und Knalllaute mit den Lippen und der Zunge hervorgebracht, denen man den Charakter des Tones nicht versagen kann, und man braucht wahrlich nicht zu den Hottentoten zu gehen, um solche Töne anwenden zu hören. Die Appenzeller Bauern schnalzen sehr oft mit der Zunge, statt Ja zu sagen, und ich kann versichern, daß ein solcher Schnalz nicht minder kräftig klingt, als ein guter Peitschenknall.

Der gegenseitige Umsatz der verschiedenen Vokale und Consonanten, der Uebergang der einen in die andern hat zu einer ganzen Wissenschaft, der vergleichenden Sprachwissenschaft, geführt, auf deren weiser Benutzung gar viele unserer Kenntnisse über die Ausbreitung der verschiedenen Stämme und Arten des Men-

schengeschlechts auf der Erde beruhen. Ich sage, bei weiser Benutzung; denn wenn man auf die zufällige Aehnlichkeit einiger Laute gestützt, die Neger aus einem gemeinschaftlichen Stamme mit uns Kaukasiern ableiten will, so stellen sich solche Bemühungen ganz in dieselbe Reihe mit denjenigen der Naturphilosophen, welche den Menschen aus dem Infusorium construirten. Man kann auch Aehnlichkeiten finden zwischen einem Kameel und einem Berge und bei einiger Gewandtheit, das Wort Verstand von dem griechischen Nus ableiten. Die Sprache ist das unmittelbare Erzeugniß des schöpferischen Geistes eines Volkes; sie steht in engstem Zusammenhange mit der Art und Weise seines Denkens, und wie der Einzelne, je nach der Eigenthümlichkeit seiner ganzen Individualität, sich in dieser oder jener Art auszudrücken pflegt, je nachdem seine Geistesbildung eine bestimmte Richtung hat, so drückt sich auch der Charakter und die Fortbildung eines Volkes wesentlich in den eigenthümlichen Zügen und dem Fortschritte seiner Sprache aus. Diejenigen Völker aber sind unabweislich zur Sterilität verdammt, bei denen eine fremde Sprache sich auf eine verschiedene Nationalität gepfropft hat, bei welchen Charakter und Bildung in wesentlichem Widerspruche mit ihrer Sprache stehen. Erst wenn der Widerspruch sich in einem Mischmasche gelöst hat, erst dann kann wieder eine eigenthümliche Richtung entstehen. Wir sehen dies deutlich in unserem Europa, wo politische Verhältnisse Manches anders geordnet haben, als es seyn sollte. Die Engländer haben sich aus dem Chaos ihrer Sprachmischung zu einem eigenthümlichen Idiome erhoben, dessen Kürze und einförmige langweilige Modulation ihrem Charakter entspricht, in welchem sie mithin productionsfähig sind; im Elsasse hingegen, wo französisch und deutsch noch im Kampfe liegen, und das eine von oben, das andere vom Kerne des Volkes aus genährt wird, kann nichts Rechtes aufkommen, weil ein Element das andere erstickt. Solche Verhältnisse hallen lange nach — das Waadtland spricht französisch, bildet sich französisch, will französisch seyn; aber trotz dem empfindet es deutsch, hat deutsche Art zu schließen und zu denken und wird deßhalb ewig steril

bleiben, weil eben die Sprache dem geistigen Bedürfnisse nicht entspricht. Wie unsinnig deßhalb eine Universalsprache ist, muß dem Befangensten einleuchten. Sie würde dem Bedürfnisse Niemandes entsprechen und bald wieder so gemodelt werden, wie der große indo-germanische Sprachstamm seine Dialekte modelte, zu unabhängigen Sprachen, in deren Keimen nur der gemeinschaftliche Ursprung ersichtlich ist.

Physiologische Briefe.

Dritte Abtheilung.

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.

Dritte Abtheilung.

Stuttgart und Tübingen.

J. G. Cotta'scher Verlag.

1847.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

Digitized by Google

Siebenzehnter Brief.

Das Geschlecht.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde der Mensch als einzelnes Individuum betrachtet und die verschiedenen Funktionen zergliedert, welche das Leben des menschlichen Organismus im Allgemeinen zusammensetzen. Wir suchten, an der Hand der auf mancherlei Art gewonnenen Thatsachen, uns klar zu machen, wie diese verschiedenen Funktionen des Lebens in einander greifen. Wir sahen Ernährung, Kreislauf und Absonderung einander wechselseitig die Hand bieten, um die verschiedenen, der Außenwelt entnommenen Stoffe dem Körper anzueignen, ihnen diejenige Form zu geben, welche dem menschlichen Typus angehört, und das Unbrauchbare auszuscheiden. Ferner untersuchten wir, in welchen Beziehungen das Individuum sich zu seinen Umgebungen befinde, und welche Organe des Körpers dazu bestimmt seien, Empfindung, Bewegung, so wie die Funktionen des Geistes zu vermitteln. In allen diesen Untersuchungen wurde der fertige Mensch im erwachsenen Zustande betrachtet, abgesehen von seinem Geschlecht und von seiner allmähligen Entfaltung bis zu dem Höhepunkte seiner physischen Entwicklung. Es wurde nur Rücksicht genommen auf die Erhaltung des individuellen Lebens; in den folgenden Briefen aber handelt es sich darum, eine andere Seite des menschlichen Organismus ausführlich zu beleuchten und diejenigen Funktionen zu besprechen, welche sich auf die Erhaltung der Gattung, auf die Fortpflanzung der Art beziehen.

Ich muß offen gestehen, daß ich lange gezweifelt habe, ob ich überhaupt diesen Gegenstand zur Sprache bringen sollte in einem Buche, welches dem größern Publikum bestimmt ist. Meine Zweifel wurden von den Freunden, mit welchen ich hierüber berieth, weder beseitigt noch verstärkt. Denn wie es in solchen Fällen immer zu geschehen pflegt, so waren die Einen dafür, die Andern dagegen und Jeder hatte für seine Meinung Gründe, welche sich hören ließen. Eine sehr einfache buchhändlerische Erfahrung bestimmte mich endlich, die ursprüngliche Scheu zu überwinden, und hier die auf die Fortpflanzung bezüglichen Funktionen ebenso ausführlich zu behandeln, als alle übrigen physiologischen Fragen, von welchen man in sogenannten anständigen Gesellschaften etwa reden darf, während die im Folgenden zu besprechenden Gegenstände dem stillen Bewußtseyn eines Jeden oder auch den Anspielungen des Ungezogenen überlassen bleiben. Alle jene Bücher in Duodez- oder noch kleinerem Format, welche Titel tragen wie: „Guter Rath für junge Eheleute," — „das Geschlecht des Menschen" — und „untrügliches Mittel, gesunde Nachkommenschaft zu erzeugen" u. s. w.; — alle diese Erzeugnisse einer unverschämten Charlatanerie, welche mit der krassesten Unwissenheit Hand in Hand geht, finden einen vortrefflichen Markt und stets willige Käufer. Durch diese Bücher, gegen welche die sonst so gewaltige Scheere der Censur stumpf zu bleiben scheint, wird der abgeschmackteste Unsinn unter alle Welt verbreitet und Vorurtheile in Menge gesät, deren Ausrottung kaum möglich ist. Es schien mir deßhalb an der Zeit, die Resultate der neueren Wissenschaft, welche sich vorzugsweise und mit großem Erfolg in der jüngsten Zeit mit der Zeugung und Entwicklung des Menschen und der Thiere beschäftigt hat, hier niederzulegen, in der Hoffnung, daß ich das Meine zur Verbreitung richtiger Ansichten werde beitragen können. Denn mehr als alle andern der Physiologie angehörigen Gegenstände beschlägt der hier zu behandelnde das Wohl und Wehe der Menschheit im Ganzen. Es mag erlaubt sein, durch Unkenntniß oder Vernachlässigung der physiologischen Gesetze den eigenen

Leib zu Grunde zu richten; — allein dies gibt noch nicht die Berechtigung, der Nachkommenschaft seine physischen Gebrechen aufzubürden. Man klagt allgemein über zunehmende Verkrüppelung des Menschengeschlechtes und thut Nichts, um vernünftige Ansichten über die Zeugung zu verbreiten; — ja, man öffnet einer nichtsnutzigen Literatur Thüre und Thor und bedenkt nicht, daß die nachstehende Generation auch das Recht zu blühender und gesunder Existenz hat!

Die Fortpflanzung der Gattung ist bei den Menschen und fast allen Thieren durch den Gegensatz zweier Geschlechter möglich gemacht, welche man als männlich und weiblich bezeichnet. Bei den meisten Thieren und zwar bei den höhern ganz allgemein sind die Geschlechter auf verschiedene Individuen vertheilt, welche sich meistens nicht nur durch den Bau der speziell zu dieser Funktion bestimmten Zeugungsorgane, sondern auch durch mancherlei andere Eigenthümlichkeiten der gesammten Organisation unterscheiden. Nur in den niedern Sphären des Thierreichs findet man die Vereinigung beider Geschlechter in einem und demselben Thiere, den sogenannten Hermaphroditismus und zwar in der Art, daß vollständige männliche und weibliche Zeugungsorgane in einem und demselben Individuum vereinigt sind. In den niedersten Organismen allein, welche durch ihren auf die höchste Einfachheit reducirten Bau die unterste Stufe des Thierreiches einnehmen, nur in diesen hat sich bis jetzt noch keine Spur geschlechtlicher Zeugung wahrnehmen lassen, und die Fortpflanzung wird auf andere Weise bewerkstelligt. Bevor wir indeß diese Weise etwas näher bezeichnen, wird es nöthig sein, auf den Bau der Zeugungsorgane im Allgemeinen und derjenigen des Menschen im Besondern etwas näher einzugehen. Die Geschlechtsunterschiede im Bau des Gesammtkörpers weitläufiger auseinander zu setzen, halten wir für überflüssig; kennt ja doch Jeder die Verschiedenheit der männlichen und weiblichen Formen, deren ins Einzelne gehende Beschreibung mehr dem Gebiete der darstellenden und bildenden Kunst, als demjenigen der Physiologie angehört.

Weibliche Geschlechtsorgane nennt man diejenigen besonderen Organe des thierischen Körpers, in welchen ein Keim bereitet wird, der sich unter gewissen Verhältnissen zu einem neuen Individuum entwickelt. Dieser Keim oder das Ei wird in allen Fällen in einem eigens dazu bestimmten Organe, dem Eierstocke, vorgebildet, und zur Zeit seiner Reife aus diesem ausgestoßen, um sich zu entwickeln und außerhalb des mütterlichen Organismus ein eigenes, individuelles Leben fortzusetzen. Bei den meisten Thieren befinden sich eigene röhrenförmige Organe, durch welche das Ei allmählig nach außen geleitet wird, und zugleich je nach den speziellen Verhältnissen der Fortpflanzung verschiedene Stoffe zu Schutz und Nahrung umgebildet erhält. Diese Eileiter münden zuweilen unmittelbar in die äußeren Geschlechtsorgane, während sich in andern Fällen ein Mittelglied bildet, in welchem das Ei noch innerhalb des mütterlichen Organismus eine weitere Ausbildung erlangt. Alle Thiere, die niedersten ausgenommen, entstehen, sowie der Mensch, aus Eiern. Das menschliche Weib erzeugt ebensogut Eier, als der weibliche Vogel oder Fisch, und der Unterschied zwischen lebendig gebärenden und eierlegenden Thieren besteht, wie wir bald sehen werden, nur darin, daß das Ei bei den Einen in unentwickeltem Zustande ausgeworfen wird, während es sich bei den Andern innerhalb der mütterlichen Geschlechtsorgane weiter entwickelt, und erst das aus ihm entstandene Individuum nach außen gebracht wird.

Die männlichen Geschlechtsorgane bereiten den Samen, d. h. eine Flüssigkeit, ohne welche das Ei nicht zur Entwicklung würde gelangen können. Die Berührung beider Produkte und zwar die unmittelbare Berührung derselben ist nothwendig zur Erzeugung eines neuen Individuums. Diese Berührung bildet gleichsam den Anstoß zur Aeußerung jener fortbildenden Thätigkeit, als deren Endresultat der neue Organismus hervorgeht. Deßhalb ist die Vereinigung beider Geschlechtsprodukte unumgänglich nothwendig. Bei denjenigen Thieren, bei welchen das Ei noch in unentwickeltem Zustande als Ei aus dem

weiblichen Organismus ausgestoßen wird, findet diese Berührung der beiderseitigen Zeugungsprodukte meist auch außerhalb des Organismus statt, und die geschlechtliche Funktion beschränkt sich einzig auf diese Befruchtung. Bei denjenigen Thieren aber, bei welchen das Ei innerhalb des mütterlichen Organismus sich entwickelt, da müssen auch die beiderseitigen Zeugungsstoffe innerhalb des mütterlichen Organismus einander berühren, und deßhalb eine wahre Begattung statt haben, durch welche eben der Samen in die weiblichen Zeugungsorgane eingeführt wird. Auch in den männlichen Zeugungsorganen unterscheidet man samenbereitende Organe oder die Hoden und ausführende Röhren, die Samenleiter, wozu sich noch bei vielen anderen und bei allen höhern Thieren besondere äußere Begattungsorgane gesellen.

Das samenbereitende Organ oder der Hoden besitzt bei allen Thieren ohne Ausnahme einen drüsigen Bau, indem er aus einzelnen mehr oder minder langen Röhren zusammengesetzt ist, welche meistentheils sich mannigfach unter einander verwickeln und verschlingen, am Ende aber sämmtlich in einen einzigen Kanal münden, der meist vielfach geschlängelt nach außen verläuft. Die Hoden sind, mit nur geringen Ausnahmen doppelt vorhanden und symmetrisch zu beiden Seiten der Körperare gelagert, bei der Mehrzahl der Wirbelthiere findet man sie im Innern der Bauchhöhle zu beiden Seiten der Wirbelsäule. Auch bei dem menschlichen Embryo behaupten sie diese Lage, steigen aber gegen die Zeit der Geburtsreife aus der Bauchhöhle durch einen besondern Kanal, den Leistenkanal, hinab in den Hodensack. Die außerordentlich langen und engen Samenröhren, welche in ihrer Verschlingung den Hoden bilden, sammeln sich zuerst in eine gewisse Zahl ausführender Gänge, welche, aufs Neue sich verknäuelnd, ein eigenthümliches kolbenförmiges Organ, den Nebenhoden, zusammensetzen, aus dem dann erst der Samenleiter entspringt. Jeder dieser Samenleiter läuft nach oben gegen den Leistenkanal hin, tritt durch denselben in die Bauchhöhle ein und erweitert sich sodann zu einer seitlichen

Ausſackung der Samenblaſe, die von muskulöſer Haut umſponnen, und deßhalb kräftiger Zuſammenziehung fähig iſt. In dieſen ſogenannten Samenbläschen ſammelt ſich die von dem Hoden gebildete und die von dem Samenleiter fortgeleitete Zeugungsflüſſigkeit allmählig an bis ſie im Momente der Begattung entleert wird. Der gemeinſchaftliche Gang der Samenbläschen und Samenleiter öffnet ſich jederſeits durch eine äußerſt feine Oeffnung in das hintere oder innere Ende der Harnröhre, welche alſo ſowohl zur Entleerung des Urins, als auch des Samens beſtimmt iſt.

Am wichtigſten erſcheint für uns die Zuſammenſetzung der befruchtenden Flüſſigkeit oder des *Samens*. Unterſucht man einen Tropfen deſſelben unter dem Mikroſkop bei hinreichender Vergrößerung, ſo zeigt ſich in der klaren, durchſichtigen Flüſſigkeit eine außerordentliche Menge unendlich kleiner, ſehr eigenthümlich geſtalteter Körper, die man auf den erſten Blick für Thiere halten muß, da ſie lebhaft bewegt in dem Sehfelde des Mikroſkops ſich herumtummeln. Dieſe *Samenfäden*, wie wir ſie vor der Hand nennen wollen, zeigen bei dem Menſchen einen ſpindelförmigen, abgeplatteten Körper, der nach beiden Enden hin etwas ſpitzig ausgezogen iſt und nach hinten in einen langen dünnen Schwanz ausläuft, welcher ſich peitſchenartig hin- und herbewegt. Der Schwanz ſelbſt iſt ſo dünn, daß er meiſt nur wie eine Linie erſcheint, jedenfalls aber keine innere Organiſation wahrnehmen läßt. Ebenſo wenig iſt dieſes bis jetzt an dem Körper der Samenfäden gelungen. Zwar wollten einige Mikroſkopiker im Innern derſelben Andeutungen von Organen geſehen haben; indeß ſcheinen dieſe Beobachtungen weſentlich auf Täuſchung zu beruhen, und höchſtens ſo viel daraus hervorzugehen, daß die Begränzungsmaſſe der Körper dichter, der Inhalt dagegen flüſſiger ſey, und man deßhalb den Körper des Samenfadens als eine plattgedrückte Kapſel anſehen müſſe, in deren Innerm eine homogene Flüſſigkeit enthalten ſey. Die Geſtalt der Samenfäden, ihre Größe, das Verhältniß zwiſchen Körper und Schwanz wechſelt bei den verſchiedenen Gattungen

und Arten der Thiere aufs mannigfaltigste, und zwar in der Weise, daß jede Spezies eigenthümlich geformte Samenfäden besitzt, die sich von denjenigen anderer Arten ziemlich leicht unterscheiden lassen. Die seltsamsten Formen unter den Säugethieren findet man bei den Nagern, den Mäusen und Ratten, wo der Körper meist scheibenförmig oder selbst halbmondförmig gestaltet ist, und der Schwanz nicht von der Peripherie der Scheibe, sondern von der Fläche derselben ausgeht. Bei andern Thieren und zwar namentlich bei den meisten Reptilien, Amphibien und Vögeln ist der Körper des Samenfadens nicht platt, sondern cylindrisch und geht allmählig in den dünneren Schwanz über. Der cylindrische dickere Körper selbst ist meist ganz wie ein Pfropfenzieher spiralförmig aufgewunden. Bei seinen Bewegungen dreht sich der so gestaltete Samenfade um die Achse seines spiralförmig aufgewundenen Körpers und schraubt sich also gleichsam in der Flüssigkeit vorwärts. Die größten Samenfäden unter allen finden sich bei den Molchen und Tritonen, Thieren, welche sich auch durch die Größe ihrer Blutkörperchen auszeichnen. Diese ungemein großen Samenfäden haben ebenfalls einen korkzieherartig gestalteten Körper, und außerdem ist noch der fadenförmige Schwanz mit einer breiten äußerst zarten Flosse umsäumt, deren wellenförmige Bewegung ein eigenthümliches Flimmern erzeugen, das man früher einem wahrhaften Flimmerepithelium zuschrieb. Die größte Abweichung in Form und Verhalten der Samenelemente zeigt sich bei den krebsartigen Thieren, bei welchen sie in Form von Tönnchen oder Fäßchen erscheinen, von welchen starre Spitzen auslaufen, an denen man noch keine Bewegung bemerkt hat.

Diese Bewegung, welche im Uebrigen den ausgebildeten Samenfäden aller Thiere zukommt, ist meistens wellenförmig durch die Schwingungen des Schwanzes hervorgebracht und läßt sich am besten mit den Schwimmbewegungen eines Aales oder einer Schlange vergleichen. Wenn indeß auch diese Schwingungen mit ziemlicher Schnelligkeit ausgeführt werden, so ist doch die dadurch bewerkstelligte Ortsbewegung selbst nur äußerst langsam.

Messungen, welche man unter dem Mikroskop vorgenommen hat, zeigen, daß die Samenfäden in einer Minute etwa den Raum einer Pariser Linie durchlaufen können. Diese Bewegungen werden durch Substanzen gehemmt, welche den Samenfaden in seiner chemischen Zusammensetzung angreifen, erhalten sich hingegen in solchen Flüssigkeiten, deren Mischung oder Concentrationszustand keinen nachtheiligen Einfluß ausübt. Meistens bewegen sich die Samenfäden einzeln mit dem Körperende voran; bei vielen Thieren bemerkt man indeß, daß sie sich büschelförmig zusammenlegen, und zwar alle in derselben Richtung, Körper an Körper, Schwanz an Schwanz, und daß diese Bündel wie ein einziger Faden wellenförmig schwingend sich fortbewegen. Bei den Heuschrecken schießen sogar diese Bündel um eine gemeinsame Längenaxe an, und bilden so federartige Gestalten, welche sich wellenartig fortbewegen und unter dem Mikroskope einen überraschend schönen Anblick gewähren.

Es war natürlich, daß man die eben beschriebenen Elemente des Samens so lange für Thiere ansah, als man noch keine andern selbstständig bewegten Formelemente des Körpers kannte. Sobald indeß die Flimmerbewegung entdeckt wurde und bei diesen Zellen nachgewiesen wurden, deren Verlängerungen in selbstständiger Weise zu schwingen befähigt sind, so mußte der Glaube an die thierische Natur der Samenelemente stark erschüttert werden, und seitdem man gar die eigenthümliche Entwicklung derselben im Hoden kennen gelernt hat, ist diese Ansicht allgemein verlassen worden. Es finden sich nämlich bewegliche Samenfäden nur in den zeugungsfähigen Individuen. Ihr Erscheinen bezeichnet den Eintritt der Mannbarkeit, mit deren Erlöschen sie wiederum verschwinden. Bei denjenigen Thieren, welche einer periodischen Wiederkehr der Brunst unterworfen sind, zeigen sich die Samenfädchen auch nur zur Paarungszeit und verschwinden nach dem Aufhören dieser Periode. Bei diesen Thieren also konnte man gegen den Eintritt der Paarungszeit hin die Entwicklungsgeschichte der Samenfäden verfolgen, und sobald man einmal die Entwicklungsgeschichte derselben bei einem Thiere

kannte, so war es leicht möglich, bei solchen Thieren, die das ganze Jahr hindurch zeugungsfähig sind, die unausgebildeten Samenelemente zu erkennen und deren Entwicklung zu betrachten. Diese Untersuchungen, welche seither auf viele Thiere noch ausgedehnt wurden, haben etwa Folgendes ergeben.

Im Anfange findet man in der Samenflüssigkeit bläschenartige Gebilde mit Kernen, die in ihrem ganzen Verhalten den organischen Zellen gleichen, aus welchen, wie wir später sehen werden, sämmtliche Formelemente des Körpers sich entwickeln. Innerhalb dieser Zellen bilden sich nun, während der Kern verschwindet, mehrfache Bläschen und ein feinkörniger Niederschlag. Die Körnchen dieses Niederschlages reihen sich nach und nach linear an einander und scheinen allmählig zu Bündeln von Samenfäden zusammenzuschießen. Anfänglich sieht man nur die Körper der Samenfäden bündelförmig zusammengestellt; bei zunehmender Ausbildung aber verlängern sich auch die Schwänze stets mehr und mehr, bis sie ihre definitive Größe erreicht haben. Es erklärt sich aus dieser Entstehung die oben erwähnte Zusammenfügung der Samenfäden in bündelförmige Massen und gerade in Beziehung auf diesen Punkt entsteht einige Verschiedenheit durch den Umstand, daß bei manchen Thieren jedes Bläschen nur einen einzigen Samenfaden enthält, während bei den meisten andern sie sich gesellig ausbilden. Es lehrt diese Entstehungsweise auf das klarste, daß die Samenfäden keine selbstständig organisirten Thiere sind, welche etwa in demselben Verhältnisse zu dem Organismus stehen, wie Schmarotzer und Eingeweidewürmer, sondern daß sie bewegliche Formelemente darstellen, ähnlich den Flimmerzellen. Man hat in neuester Zeit in dem Gehörorgane der Lampreten Flimmerzellen gefunden, an deren rundlichem Körper nur ein einziger peitschenförmiger Anhang sich befindet, der eine bedeutende Länge besitzt und wellenartige Bewegungen macht. Eine solche isolirte Flimmerzelle sieht einem Samenfaden auf das Täuschendste ähnlich und läßt sich auch in der That durchaus mit demselben vergleichen.

Die Samenfäden sind die einzigen Formelemente des

Samens, welche wesentlich für die Befruchtung sind. Ihr Auftreten zur Zeit der Mannbarkeit, ihr Verschwinden nach dieser Epoche, liefert schon hiefür einen Beweis; — noch mehr aber bezeugten dies direkte Versuche, die wir später anführen werden. Die Flüssigkeit, in welcher die Samenfäden schwimmen, und welche theils von den Hoden, theils von einigen Nebendrüsen geliefert wird, ist einzig dazu bestimmt, die Ausführung und Fortbewegung der Samenfäden zu vermitteln. Sie hat selbst keine befruchtende Eigenschaft.

Die weiblichen Zeugungsorgane, welche in durchaus analoger Weise gebaut sind, wie die männlichen, und sogar in ihrem ursprünglichen Zustande beim Beginne der Entwicklung nicht von denselben unterschieden werden können, liegen sämmtlich in der Bauchhöhle und zwar in dem tiefsten Grunde derselben, sobald man sich das Weib in aufrechter Stellung denkt. Die keimbereitenden Organe oder die Eierstöcke sind zwei bohnenförmige plattgedrückte Körper, die an einigen Falten des Bauchfells beweglich aufgehängt sind. Ein festes faseriges Gewebe bildet bei dem Menschen und vielen Säugethieren die Hauptmasse dieser Organe. Untersucht man die Eierstöcke aufmerksamer, so findet man innerhalb dieses Gewebes unregelmäßig zerstreut eine große Menge rundlicher Höhlungen oder Käpselchen, welche mit klarer wasserheller Flüssigkeit erfüllt scheinen. Die größten dieser Kapseln, welche man nach ihrem Entdecker die Graaf'schen Bälge zu nennen pflegt, befinden sich an der Oberfläche des Eierstockes unmittelbar unter dem glänzenden Ueberzuge, womit ihn das Bauchfell umhüllt, während die kleineren, unentwickelteren Follikel mehr in dem Innern vergraben liegen. Man hielt diese Bläschen früher für die wirklichen Eier, und erst der neueren Zeit war es vorbehalten, den wahren Bau dieser Theile näher zu erforschen und festzustellen, daß das eigentliche Ei der Säugethiere und des Menschen erst im Innern dieser Kapseln liege, und höchstens $^1/_{10}$ Linie im Durchmesser habe, während der Graaf'sche Balg oder der Follikel, wie wir ihn fortan der Kürze halber

benennen wollen, oft bis zu der Größe einer kleinen Erbse anschwillt.

Es ist von der höchsten Wichtigkeit, die Struktur des Follikels sowohl, als auch diejenige des Eies genauer kennen zu lernen, bevor man auf die Veränderungen eingeht, welche dieselben bei der Entwicklung durchlaufen. Vor allen Dingen ist stets wohl zu beachten, daß das Eichen der Menschen wie der Säugethiere eine außerordentlich kleine Kugel ist, die man nur bei sehr günstiger Lichtbrechung mit dem bloßen Auge gerade noch als Punkt wahrnehmen kann, zu deren genaueren Erforschung es aber mikroskopischer Beobachtung bedarf. Bei Anwendung gehöriger Vergrößerungen sieht man indeß folgende Theile. Die äußere Hülle des durchaus kugelförmigen Eichens wird von einer dicken glashellen Haut gebildet, welche unter dem Mikroskope als ein vollkommen durchsichtiger krystallhell glänzender Ring erscheint, in dem man keine Schichten oder sonstige Struktur wahrnehmen kann. Wir nennen diese durchsichtige Hülle, die verhältnißmäßig sehr fest und elastisch ist, die Zona, und bemerken im Voraus, daß sie demjenigen feinen Häutchen analog ist, welches in dem Ei des Vogels den Dotter umschließt und deßhalb die Dotterhaut genannt wird.

Der Inhalt der Zona wird zum größten Theile von dem Dotter gebildet, der bei den Säugethieren aus einer körnigen gelblichen Masse besteht, welche bei auffallendem Lichte milchweiß erscheint und eine talgartige Consistenz hat. Beim Drucke zwischen zwei Glasplatten verhält sich dieser Dotter etwa so, wie eine aus frischem Brote geknetete Kugel, die ebenfalls gerade Zusammenhang genug hat, um sich zwischen den Fingern in mancherlei Formen bringen zu lassen. Der Dotter selbst ist zum Theile fettartiger Natur und wahrscheinlich bestehen die feinen Körnchen, welche in seiner Substanz zerstreut sind, aus sehr kleinen Fetttröpfchen, welche in einer eiweißartigen Masse zerstreut sind. Es ist überhaupt ein allgemeines Gesetz in der Thierwelt, daß der Eidotter aus zweierlei verschiedenen Reihen von Stoffen, eiweißartigen und fettigen, zusammengesetzt ist. Indessen erfüllt

der Dotter die Höhle der Zona nicht durchaus. An einem Punkte seiner Oberfläche und meistens hart an der innern Wand der Zona liegt ein kleines, vollkommen durchsichtiges, mit wasserheller Flüssigkeit gefülltes Bläschen, welches etwa $^1/_{50}$ Linie im Durchmesser mißt, und eine äußerst feine zarte Hülle besitzt, welche die erwähnte wasserhelle Flüssigkeit in sich schließt. Dieses feine Bläschen, das Keimbläschen oder Purkinje'sche Bläschen, wie es nach seinem Entdecker benennt wird, findet sich in allen, noch im Eierstocke befindlichen Eiern ohne Ausnahme in dem ganzen Thierreiche, und stellt sich dadurch als ein durchaus constantes Element des unbefruchteten Eies dar. Außer der wasserhellen Flüssigkeit zeigt sich in seinem Innern bei dem Säugethiere und dem Menschen ein kleiner rundlicher dunkler Fleck, der etwas körnig aussieht, allein zu klein ist, um sonstige Struktur erkennen zu lassen. Bei vielen andern Thieren findet sich statt dieses einfachen Keimfleckes eine größere oder geringere Zahl bläschenartiger Gebilde, welche oft wie platte Fetttröpfchen aussehen und hie und da an der Innenwand der Keimbläschenhülle zerstreut liegen.

Fassen wir demnach noch einmal die einzelnen Theile des Eies übersichtlich zusammen, so zeigt sich dasselbe aus zwei excentrisch ineinander geschachtelten kugelförmigen Bläschen gebildet, nämlich aus einem innern kleineren, dem Keimbläschen, und einem umhüllenden größeren, der Zona. Jedes dieser Bläschen hat einen besonderen Inhalt; das Keimbläschen einen wasserhell flüssigen, in welchem der körnige Keimfleck sich findet, die Zona einen festeren, den Dotter, in welchem an einer Stelle der Peripherie das Keimbläschen eingebettet liegt.

Das Eichen selbst befindet sich, wie schon oben bemerkt wurde, im Inneren des Graaf'schen Follikels. Dieser ist von einer eiweißartigen, klebrigen Flüssigkeit erfüllt und von einer mehr oder minder dicken Haut umschlossen, welche einen Sack um diese Flüssigkeit bildet. Die Innenfläche dieser Haut ist mit einer Lage rundlicher Zellen gepflastert, welche um das Ei herum sich vermehren und dasselbe seitlich umhüllen, so daß

also das Ei von einer Lage dieser Zellen umfaßt und einigermaßen in seiner Lage befestigt wird. Oeffnet man den Follikel, um das Ei austreten zu lassen, so reißen sich diese Pflasterzellen, welche ziemlich fest an der Oberfläche der Zona ankleben, von der Innenwand des Follikels los und begleiten das Ei, welches dann unter dem Mikroskope etwa wie von einem Strahlenkranze oder einem Heiligenscheine umgeben scheint, in der That aber allseitig von diesen Zellen umgeben wird. Man glaubte eine Zeit lang diesen Zellen eine besondere Wichtigkeit zuschreiben zu müssen, weßhalb man diesen Strahlenkranz mit dem Namen der „Keimscheibe" (Discus proligerus) bezeichnete. Neuere Beobachtungen haben indeß dargethan, daß diese Zellen bei der Entwicklung des Eies durchaus keine Rolle spielen, im Eileiter bald abgestreift werden und gänzlich verloren gehen; mithin eher als ein zu dem Follikel gehöriges Gebilde angesehen werden müssen.

Betrachtet man die Struktur des Eies in dem Eierstocke, sowohl bei wirbellosen als bei Wirbelthieren, so zeigt sich dasselbe überall aus denselben Theilen gebildet. Man findet überall als äußere Hülle eine Dotterhaut, welche in den meisten Fällen aber nur zart und fein ist, und einzig bei den Säugethieren als Zona eine bedeutende Dicke erreicht. Ueberall findet sich auch ein Dotter, dessen Consistenz und Farbe sehr häufigen Verschiedenheiten unterworfen ist, während seine Zusammensetzung insofern überall dieselbe ist, als er stets, wie schon oben bemerkt, aus zweierlei Stoffen, einem eiweißartigen und einem fettartigen, besteht. Das Fett selbst ist bald mehr oder minder flüssig, wie in dem Dotter des Hühnereies, bald fest und in kleinen Täfelchen zerstreut, wie bei den Fröschen und Kröten. Oft bildet es nur mikroskopische Körnchen, wie in den Säugethiereiern, während der Dotter der Fische Tropfen enthält, die man schon mit bloßen Augen wahrnehmen kann. In vielen Fällen ist dies Fett durchaus farblos; sehr häufig aber auch gelb oder orange, zuweilen selbst von grüner, hochrother oder violetter Farbe, die sich dann dem ganzen Dotter mittheilt. Das Keimbläschen mit

einfachen oder mehrfachen Keimflecken ist ebenfalls ein constantes Gebilde in denjenigen Eiern, welche noch innerhalb des Eierstockes befindlich sind. Es liegt stets in der Nähe der Peripherie des Dotters und meist an der Innenwand der Dotterhaut angelagert. Das Ei innerhalb des Eierstockes zeigt demnach durchaus beständige, unzweideutige Charaktere, und wenn es nicht früher bei den Säugethieren entdeckt wurde, so lag die Schuld daran, daß man erwartete, ein Gebilde zu finden, welches mit bloßen Augen sich leicht entdecken ließe, und einige Aehnlichkeit mit dem so wohl bekannten Vogeleie besäße. Durch die Existenz der Follikel irre geleitet, vergaß man den Inhalt derselben genauer zu untersuchen.

Jeder meiner Leser kennt das Hühnerei und es mag deßhalb nicht unstatthaft sein, einen Augenblick auf die Struktur desselben einzugehen, um zu zeigen, in welchem Verhältnisse der Bau desselben zu demjenigen des Säugethiereies steht. Es ist leicht durch Oeffnung einiger frischen und einiger hartgekochten Eier sich eine Anschauung dieser Verhältnisse zu verschaffen, ein Verfahren, welches wesentlich zum Verständnisse des Vorigen beitragen möchte. Die Kalkschale, welche das Hühnerei umschließt, ist in ihrem Innern von einer dünnen, milchweißgefärbten Haut ausgekleidet, welche die Schalenhaut heißt. Auf diese folgt das Eiweiß, das nach innen, gegen den Dotter hin, stets dickflüssiger wird, und in dessen Innern man zwei spiralartig gedrehte Stränge unterscheidet, welche von den beiden Polen des Eies gegen den Dotter hinlaufen, und diesen in seiner Lage zu erhalten scheinen. Diese beiden Stränge, die sogenannten Hagelschnüre oder Chalazen, sind nur aus festerem Eiweiß gebildet, und ein Resultat der spiraligen Drehung des Eies im Eileiter. Alle die genannten äußern Theile des Hühnereies, Kalkschale, Schalenhaut, Eiweiß und Hagelschnüre finden sich nicht an dem Säugethiereie und eben so wenig an dem Vogeleie, so lange dieses noch in dem Eierstocke eingeschlossen ist. Sie werden erst später nach der Lostrennung des Eies von dem Eierstocke der Dotterkugel umgebildet, und können

deßhalb bei einer Vergleichung des Hühnereies mit dem Eierstocksei des Säugethieres nicht in Betracht gezogen werden.

Im Innern des Eiweißes schwimmt bei dem Hühnereie eine orangegelbe Kugel, die Dotterkugel, deren dickliche Flüssigkeit beim Kochen erstarrt. In frischem Zustande wird diese Flüssigkeit in Kugelform erhalten durch eine feine aber doch ziemlich feste Haut, die Dotterhaut, von deren Existenz sich man leicht überzeugen kann, indem man den Dotter von dem Eiweiße befreit und ihn dann ansticht, so daß die Flüssigkeit herausläuft. Man sieht dann die Dotterhaut sich kräuseln und Falten werfen. An einer bestimmten Stelle an der Peripherie des Dotters sieht man einen weißlichen Ring, der meist in der Mitte durchsichtig ist und zuweilen mehrere concentrische Kreise um sich hat. Man nennt diese Stelle den Hahnentritt. In der Mitte des Hahnentrittes liegt bei noch unentwickelten Eiern das Keimbläschen mit dem Keimflecke eingebettet. Auch in dem Vogel ist das Keimbläschen außerordentlich klein und nur unter dem Mikroskope sichtbar, meistens auch schon verschwunden, wenn das Ei gelegt ist, während es in dem Ei, das noch nicht den Eierstock verlassen hat, deutlich erkannt werden kann. Die weißlichen Ringe, zwischen denen das Keimbläschen eingebettet ist, sind von eigenthümlich gestalteten Dotterelementen gebildet. Betrachtet man den Eierstock eines Huhnes, der wie Jedem bekannt, eine traubenförmige Gestalt hat, einfach ist und hart an der Wirbelsäule etwas mehr an der linken Seite liegt, so erscheinen die Eier um so weißlicher, je kleiner sie sind. Der Hahnentritt wird immer undeutlicher, je jüngere Eier man betrachtet, und es erscheint das Ei von Erbsengröße dem bloßen Auge nur noch als ein Bläschen mit weißlicher Flüssigkeit gefüllt. Untersucht man aber dieses scheinbar nur aus Dotterflüssigkeit und Dotterhaut gebildetete Ei unter dem Mikroskope, so entdeckt man alsbald das Keimbläschen und erkennt so die vollkommene Analogie des Eies mit demjenigen des Säugethieres. Die bildenden Bestandtheile sind vollkommen dieselben, nur wächst der Dotter bei dem Vogel zu einer verhältnißmäßig

ungeheuren Größe heran, während der Dotter des Säugethiereies stets nur eine geringe Masse ausmacht. Zugleich erhält der an Masse so bedeutende Dotter des Vogels eine bestimmte Organisation, es bilden sich Bläschen in ihm, welche aus einer zarten Hülle bestehen, die eine eiweißartige Flüssigkeit und einen oder mehrere Fetttropfen einschließen. Aus der Verschiedenheit dieser Bläschen entsteht der Unterschied, welcher sich zwischen dem Hahnentritte, dem Dotter an der Peripherie und im Innern schon dem bloßen Auge bemerklich macht. Diese Verschiedenheit entwickelt sich erst gegen die Reife des Eies hin; in dem unreifen Eierstockeie zeigt sich der Dotter eben so gleichförmig in allen seinen Theilen, wie in dem Säugethierei, wo es eine solche Ausbildung seiner Elemente wie in dem Vogel erlangt.

Man glaubte früher, die Follikel im Eierstocke der Säugethiere und Menschen für die eigentlichen Eier halten zu müssen, während sie doch wirklich den traubenförmigen Säcken entsprechen, in welchen die Eier des Vogels und der meisten eierlegenden Thiere eingehüllt sind. In der That sind auch die Eisäcke innerlich mit Zellen gepflastert, welche große Aehnlichkeit mit denjenigen besitzen, die das Ei der Säugethiere im Innern des Follikels umhüllen und die sogenannte Keimscheibe bilden. Der Follikel der Säugethiere und des Menschen unterscheidet sich demnach nur dadurch von dem Eisacke anderer Thiere, daß er verhältnißmäßig zu dem Eie eine ungemeine Größe erreicht und viele Flüssigkeit enthält, in welcher das klein bleibende Ei schwimmt, während bei den eierlegenden Thieren der Eisack das Ei, welches ein bedeutendes Volumen erreicht, von allen Seiten dicht umschließt. Ebenso erscheint der Eierstock des Menschen nur deßhalb nicht traubig, wie derjenige der Vögel und vieler Säugethiere, weil die faserige Zwischensubstanz zwischen den Eisäcken bei letzteren nur sehr wenig entwickelt ist, während sie in dem menschlichen Eierstocke alle Zwischenräume der Follikel erfüllt.

Die Entwicklung des Eies innerhalb des Eierstockes erschien von jeher als ein äußerst wichtiges Problem, und ist bis jetzt

auch nur durch sehr wenige Beobachtungen näher bekannt worden. So viel ist sicher, daß die Eisäcke erst spätere Produkte sind, welche sich bei dem anwachsenden Eie um dieselben umbilden. Bei den Säugethieren ist dieß Verhältniß schwer zu ermitteln, da die große Menge der fasrigen Grundsubstanz des Eierstockes die jungen Eier zu sehr umhüllt. Betrachtet man aber die dünnen häutigen Blätter, aus welchen die Eierstöcke der Fische oder Vögel gebildet sind, so zeigen sich in diesen die kleinsten Eier ganz hüllenlos zwischen den Fasern eingebettet, und erst um die größeren findet man deutliche Eisäcke. Man möchte hier fast versucht werden, anzunehmen, das entstehende Ei verhalte sich etwa so, wie ein eingedrungener fremder Körper, um welchen sich allmählig ein Balg bildet, der ihn einhüllt und abschließt von der umgebenden Substanz der Organe und im Verhältniß wächst, als der durch den fremden Körper verursachte Reiz zunimmt. Nicht so leicht hält es, die Entstehungsweise der einzelnen Theile des Eies zu beobachten; — indessen hat man in den röhrenförmigen Eierstöcken der Insekten gesehen, daß die äußersten feinen Enden dieser Organe nur noch freie, isolirte Keimbläschen enthalten, während im weiteren Verlaufe der Röhre sich vollständig entwickelte Eier mit Dotterhaut, Dotter und eingeschlossenen Keimbläschen befinden. Bei einer ganzen Ordnung der Eingeweidewürmer, den Trematoden, findet sich der Eierstock in zwei besondere Organe zerspalten. In dem einen dieser Organe, dem Keimstocke, werden nur die Keimbläschen gebildet, die sonach in das zweite Organ, den Dotterstock übertreten und dort Dotter und Dotterhaut umgebildet erhalten. Es kann also nach diesen Beobachtungen nicht bezweifelt werden, daß das Keimbläschen sich zuerst bildet, daß ihm später die Dottergebilde umgelagert werden, und daß zuletzt erst das fertige Ei noch in einen besondern Eisack eingeschlossen wird.

Bei vielen Thieren setzt sich der Eierstock unmittelbar in den Eileiter fort, der die Produkte nach außen führt. Bei dem menschlichen Weib hingegen ist der Eierstock vollkommen

isolirt und von dem Eileiter getrennt. Dieser letztere bildet jederseits eine enge Röhre, welche sich gegen den Eierstock hin in Form eines Trichters öffnet. Der Rand dieses Trichters ist mit Falten und Fransen besetzt, welche den Eierstock umfassen und das aus demselben herausfallende Eichen auffangen können. Die Wandungen der Eileiter sind überall aus muskulösen Fasern gesponnen und dadurch energischer Zusammenziehungen fähig, welche, wie diejenigen des Darmes, sich wurmförmig von dem Trichter nach unten hin fortsetzen und auf diese Weise einen innerhalb des Eileiters befindlichen Körper von dem Trichter weg nach unten fortbewegen können. Auf der innern Fläche des Eileiters befindet sich eine große Anzahl von Drüsen, welche das Eiweiß absondern. Außerdem ist noch diese innere Fläche mit einer sehr lebhaften Wimperbewegung ausgestattet, deren Richtung von dem Trichter aus abwärts geht. Es ist somit sowohl durch die wurmförmigen Zusammenziehungen als durch die Richtung der Wimperbewegung Alles darauf eingerichtet, daß in dem Eileiter enthaltene Körper und zwar namentlich die Eier durch die Röhre nach außen geschafft werden können.

Beide Eileiter münden an ihrem unteren Ende bei dem Menschen in einen mittleren Körper ein, der die Gebärmutter oder der Uterus heißt. Im gewöhnlichen jungfräulichen Zustande hat dieser Körper eine plattgedrückte birnförmige Gestalt, sehr dicke, aus eigenthümlichen Fasern gewebte Wände und nur eine kleine innere Höhlung, welche eine dreieckige Gestalt hat, und in deren beide hintere Zipfel die Eileiter ausmünden. Die Gebärmutter ist der Behälter, in welchem bei den Säugethieren der Fötus sich entwickelt. — Die Gestalt dieses Behälters wechselt außerordentlich bei den verschiedenen Säugethieren. Nur bei der geringen Minderzahl derselben ist die Gebärmutter einfach, wie bei dem Menschen; bei den meisten ist sie mehr oder minder tief in zwei seitliche Theile, sogenannte Hörner gespalten, an deren Ende der Eileiter einmündet. Im Innern der doppelten oder einfachen Höhle bettet sich das Ei ein, sobald es durch die Eileiter hindurchgegangen ist, und verbleibt darin bis zu seiner

Ausstoßung im Momente der Geburt. Der Uterus ist deßhalb einer außerordentlichen Ausdehnung fähig. Er erfüllt gegen das Ende der Schwangerschaft fast gänzlich die Bauchhöhle, indem die übrigen Eingeweide auf den kleinsten Raum zurückgedrängt werden. Die Frucht selbst tritt in einen organischen Zusammenhang mit den Wänden der Gebärmutter, aus deren Blutgefäßen sie, wie wir später sehen werden, ihre Nahrung zieht. Zu diesem Endzwecke vergrößern sich die Blutgefäße des Uterus in demselben Verhältnisse, wie sich sein Umfang vergrößert und seine Fasern an Masse zunehmen. Die Zusammenziehungen dieser Fasern sind es, welche bei der Geburt die Frucht aus der Höhle des Uterus hinaustreiben und nachher die Gebärmutter wieder allmählig auf einen Umfang zurückführen, welcher dem ursprünglichen jungfräulichen Zustande nahe kömmt.

Es ist zu unserm Zwecke unnöthig, hier näher auf Gestalt und Struktur der äußern Zeugungsorgane einzugehn, welche hauptsächlich nur dem Zwecke der Begattung entsprechend gebaut sind, und die Berührung der beiderseitigen Zeugungsstoffe, des Samens und des Eies, vermitteln sollen. An welchem Orte diese Berührung bei den Säugethieren zu Stande kommt und welcher Art die Vorgänge seyen, die sich zur Berührung dieses Zweckes die Hand bieten, dieß darzustellen, soll der Gegenstand der folgenden Briefe seyn.

Achtzehnter Brief.

Die Zeugung der Thiere.

Alle Organismen ohne Ausnahme haben eine bestimmte Lebensdauer, während welcher sie sich entwickeln, eine Zeit lang auf einem gewissen Höhepunkte erhalten, nachher von diesem zurücksinken, der endlichen Auflösung und dem Tode verfallen. Es würde sonach, da der Tod allen Organismen unvermeidlich bevorsteht, und bei den Thieren, im Verhältniß zu den Pflanzen, die Lebensdauer nur sehr kurz ist, die Ausrottung der Art unvermeidlich seyn, wenn nicht die Zeugung und Fortpflanzung das Mittel an die Hand gäbe, auch nach dem Untergange der gerade lebenden Individuen durch Fortpflanzung die Art zu erhalten. Wenn wir uns umschauen in dem Thierreiche, so sehen wir die Fortpflanzung in mannigfacher Art bewerkstelligt, und die Vergleichung dieser verschiedenen Vorgänge mit demjenigen beim Menschen ergibt viele der wichtigsten Resultate, die wir dem Leser nicht vorenthalten dürfen.

Oft und viel hat man, namentlich in ältern Zeiten, von der Urzeugung oder geschlechtlosen Zeugung gewisser Thiere gesprochen. Man verstand darunter die unmittelbare Erzeugung lebender Wesen aus organischen Stoffen, welche in keiner, durch Fortpflanzung bedingten Beziehung zu diesen Wesen standen. Jemehr indeß die Fackel der Wissenschaft in das Dunkel leuchtete, welches die Entstehungsweise der thierischen Organismen umhüllte, desto mehr wurden diese Ansichten von einer

Generatio aequivoca, wie man die Urzeugung auch ziemlich allgemein nannte, zurückgedrängt. Wenn man indessen auch bald einsah, daß die Aale nicht, wie der alte Aristoteles noch glaubte, aus dem Schlamme der Gewässer oder die Maden aus den faulenden Leichnamen entstünden, so behielt man dennoch hinsichtlich einiger Thierklassen die alte Meinung bei, und noch mancher Naturforscher unserer Tage sucht dieselbe zu vertheidigen und mit Gründen zu belegen. Es waren namentlich die Infusionsthierchen, die Eingeweidewürmer und einige schmarotzende Insekten, bei welchen man die Urzeugung aus ungleichartigen Stoffen, nicht aber aus vorher vorhandenen Keimen annehmen zu müssen glaubte, und in der That sprechen manche Erscheinungen für eine solche Annahme, die wir um so ausführlicher besprechen müssen, als es leicht gelingt, den Laien oder den flüchtigen Beobachter für dieselbe zu gewinnen.

Uebergießt man irgend einen organischen Stoff, welcher Art er auch sey, mit Wasser, und läßt ihn einige Zeit an der freien Luft stehen, so entwickeln sich alsbald eine Menge mikroskopischer Pflanzen und Thiere, welche in der faulenden Materie wuchern, und aus derselben entstanden zu seyn scheinen. Die große Menge dieser mikroskopischen Pflanzen und Thierchen, ihre so äußerst schnelle Entstehung und die Gleichartigkeit derselben unter gleichen Verhältnissen schienen die Annahme zu rechtfertigen, daß diese schmarotzenden Organismen unter der gleichzeitigen Einwirkung von Luft, Wasser und organischer Substanz entstanden seyen. Es bedurfte entscheidender Versuche, um zu zeigen, daß diese Infusionsthierchen und Schimmelpflanzen entweder lebend, aber im vertrockneten Zustande oder auch als Eier, Keime und Sporen in der Luft umherschwebten, und in dem Aufgusse einen geeigneten Mutterboden fänden, in welchem sie sich entwickelten. Man mußte zeigen, daß die Entstehung solcher Organismen unmöglich sey, sobald die Keime derselben in der Luft, in dem Wasser und in der organischen Substanz, welche man zum Aufgusse wählte, vollkommen zerstört waren, und auf der andern Seite mußte man

beweisen, daß die Fortpflanzungsfähigkeit dieser niedern Organismen wirklich hinreichend groß sey, um in wenigen Stunden oder Tagen Tausende von Individuen erzeugen zu können.

Die neueren Untersuchungen über Infusorien und Schimmelpflanzen beweisen in der That, daß die Fortpflanzungsfähigkeit derselben außerordentlich sey. Ein Schimmelfaden, welcher in wenigen Stunden aus einem Keimkerne, einer Spore hervorwuchert, streut nach Verlauf dieser Zeit hunderttausende von unendlich kleinen Sporen aus, die eben so schnell wuchern und sich vervielfältigen. Niedere Infusorien theilen sich der Quere nach, und jedes aus der Theilung hervorgegangene Thier kann sich nach Verlauf weniger Stunden von neuem theilen, so daß die Fortflanzung in geometrischer Reihe sich vervielfältigt; Räderthierchen, welche einer eigenen, höher organisirten Klasse von Infusorien angehören, pflanzen sich durch Eierlegen so ungemein schnell fort, daß ein einziges Mutterthier binnen 24 Stunden eine Nachkommenschaft von mehreren tausend Individuen haben kann. So ist demnach die äußerst schnelle Vermehrung solcher Organismen durch mütterliche Zeugung eine erwiesene Thatsache, und nicht minder groß ist die Lebensfähigkeit dieser Thiere und Pflanzen, sowie ihrer Keime. Räderthierchen, Bärenthierchen und andere Infusorien leben wieder auf beim Uebergießen mit Wasser, nachdem sie Jahre lang in vertrocknetem Zustande scheintodt zugebracht hatten, und nur die Siedhitze, welche das Eiweiß gerinnen macht, tödtet diese niederen Thiere und ihre Keime unwiderruflich. Im vertrockneten Zustande aber sind diese Thierchen so leicht, daß der geringste Luftzug sie entführt. Man kann deßhalb wohl sagen, daß die Luft beständig mit unendlich kleinen Keimen und vertrockneten Thierchen erfüllt ist, daß die Stäubchen, welche uns im Strahle der Sonne sichtbar werden, großen Theils nichts anders sind, als trockne Keime organischer Wesen, welche nur des günstigen Mutterbodens harren, um sich auf demselben zu vervielfältigen.

Den direkten Beweis dieser Annahme liefert ein einfacher Versuch, welcher indeß erst in der neusten Zeit angestellt wurde,

und vielfach modificirt stets dasselbe Resultat gab. Der Zweck dieses Versuches ist der, in einem Aufgusse organischer Substanz alle Keime zu zerstören, und nachher nur solche Luft zuzulassen, in welcher ebenfalls alle Keime auf irgend eine Weise zu Grunde gerichtet worden sind. Bildeten sich unter diesen Gegenständen Infusorien oder Schimmelpflanzen, so war der Beweis geliefert, daß sie auch ohne Intervention von Keimen, also durch Urzeugung entstehen konnten; — im Gegentheile mußte man die Erzeugung derselben den in der Luft oder im Wasser vorhandenen Keimen zuschreiben. Man stellte nun den Versuch in der Art an, daß man Fleisch z. B. in einem Kolben mit Wasser kochte, und nach längerem Kochen den Kolben so verstopfte, daß man einen Luftzug nach Belieben durch denselben streichen lassen konnte. Durch das längere Kochen wurden alle Keime und Thiere oder Pflanzen ertödtet, welche sich im Wasser oder auf dem Fleische befanden. Die durchstreichende Luft aber leitete man vorher durch ein glühendes Rohr, durch Schwefelsäure, Aetzkali oder irgend eine andere Substanz und zerstörte auf diese Weise alle in dem Luftstrome enthaltenen und mit ihm weggeführten Keime, ohne die Zusammensetzung der Luft selbst im Geringsten zu ändern. Das Fleisch zersetzte sich, faulte, ohne daß je eine Spur von Infusorien entstand. Oeffnete man aber den Kolben oder ließ man Luft einstreichen, welche nicht auf die angegebene Weise behandelt war, so erzeugten sich in wenigen Stunden große Mengen von pflanzlichen und thierischen Organismen, Schimmelpflanzen und Infusorien.

Dieser Versuch ist so schlagend und in seiner Einfachheit so überzeugend, daß man die Urzeugung der Infusorien in jetziger Zeit vollen Ernstes nicht mehr behaupten kann. Diejenigen freilich, welche den Werth physikalischer Beweise in den physiologischen Wissenschaften nicht einsehen wollen oder können, und denen eine vorgefaßte irrige Meinung mehr gilt, als die bewiesene Wahrheit, diese mögen fortfahren, die Urzeugung der Infusorien zu behaupten. Sie liefern damit nur einen Beweis ihrer blinden Thorheit.

Eine andere Classe von Thieren, für welche man bisher die

Urzeugung vindicirte, ist diejenige der Eingeweidewürmer, der inneren Schmarotzer, welche auf Kosten anderer Thiere leben. Man findet Eingeweidewürmer nicht nur in dem Darme und in dessen Nebenhöhlen, in welche sie von außen her gelangen können, sondern auch in dem Innern von Organen, welche durchaus geschlossen sind und in die man nicht ohne gewaltsame Zerstörung und Durchbohrung eindringen kann. Die Drehkrankheit der Schafe wird von einem Eingeweidewurm erzeugt, der sich im Innern des Gehirnes einnistet; in dem Innern der Fischaugen, mitten in dem Glaskörper, leben sehr oft Würmer in großer Anzahl; in dem Muskelfleische vieler Thiere und des Menschen, in den inneren Häuten, ja selbst in Knorpeln und Knochen findet man zuweilen Eingeweidewürmer, die unmöglich von außen her in die überall geschlossenen Organe gelangt seyn können. Welche andere Annahme ist hier möglich als die, daß sich diese Schmarotzer auf Kosten der Substanz des lebenden Thieres erzeugt haben und nun an dem Orte ihrer Entstehung fortleben? Hiezu kommt noch, daß jede Thierart ihre eigenthümlichen Schmarotzerthiere besitzt, und daß es nur sehr wenige Arten von Eingeweidewürmern gibt, welche mehreren Thieren gemeinschaftlich sind. Wie sollten diese Schmarotzer aus einem Individuum in das andere übergehen, da sie außerhalb der Organismen, in welchen sie leben, meist baldigst zu Grunde gehen und sterben? Ist es nicht viel wahrscheinlicher, daß die Schmarotzer sich in dem Thiere selbst erzeugen, und beweist nicht ihr Tod beim Uebergange in ein anderes Thier oder ins Freie, daß sie nur in demjenigen Organismus leben können, in welchem sie erzeugt sind?

Die neuen Untersuchungen über Eingeweidewürmer haben auf alle diese Fragen so vollständige Antworten gegeben, daß man den Glauben an eine Urzeugung derselben nur mit Mühe festhalten könnte. Zuerst hat die Anatomie derselben gezeigt, daß sowohl die Geschlechtsorgane, als auch die Keime und Eier bei den Eingeweidewürmern in ungeheurer Zahl sich vorfinden. Ein Bandwurm z. B. hat in jedem seiner Glieder, deren er

mehrere tausende besitzen kann, einen vollständigen männlichen und weiblichen Geschlechtsapparat, und jedes Glied enthält hunderte ja tausende von Eiern, die selbst in faulenden Flüssigkeiten und in chemisch ätzenden Substanzen sich unversehrt erhalten, und auch durch Austrocknen nicht verändert werden können. Ein einziger Spulwurm enthält in seinen fadenförmigen Eierstöcken Millionen von mikroskopischen Eichen, deren Lebenszähigkeit ebenfalls ungemein groß zu seyn scheint. Weßhalb nun solche unendliche Häufung der Keime in diesen und vielen andern Schmarotzerthieren, wenn dieselben nicht zur Aussaat bestimmt wären? Wenn es wahr wäre, daß die Schmarotzer auf Kosten der sie beherbergenden Organismen entstünden, so wären die Millionen von Eiern, die ein einziges Individuum bei sich führt, eine nutzlose Verschwendung von Seiten der Natur, und wozu dann in diesem Falle die Ausstoßung dieser Keime nach außen, die bei vielen Arten sogar zu regelmäßigen Zeiten wiederkehrt? Man weiß, daß die Bandwürmer gewisser Fische ihre mit Eiern erfüllten Glieder im Frühjahre abstoßen, daß diese Glieder nach außen entleert werden, während der gliederlose Kopf im Darme sitzen bleibt. Hinter diesem Kopfe erzeugen sich während des Sommers und Herbstes neue Glieder, die im Winter sich allmählig mit Eiern füllen und im Frühjahre aufs neue abgestoßen werden. Bei dem breitgliedrigen Bandwurme des Menschen, dem sogenannten Grubenkopfe (Bothriocephalus latus) zeigen sich ähnliche Perioden der Gliederabstoßung, die nach meiner eigenen Erfahrung zweimal im Jahre, im Frühlinge und Herbste, wiederkehren. Zu dieser Zeit treten meist die Beschwerden, welche ein Bandwurm erzeugen kann, periodisch mit größerer Heftigkeit auf, und endigen mit der Ausstoßung von Gliedern, die mit reifen Eiern vollgepfropft sind.

Diese Thatsachen schon machen es wahrscheinlich, daß die Eier der Eingeweidewürmer, welche in so ungeheuern Massen ausgestoßen werden, auch nur deßhalb in so großer Zahl erzeugt wurden, damit hunderttausende davon zu Grunde gehen könnten, ohne daß darum die Art ausstürbe. Ein oder das andere Ei

findet durch Zufall einen günstigen Mutterboden, in welchem es zu weiterer Entwicklung gelangen kann, während die übrigen, welche nicht so begünstigt werden, umkommen, ohne zur Entwicklung zu gelangen. Ein solches mikroskopisches Eichen, welches Jahre lang allen zerstörenden Einflüssen trotzen kann, wird leicht von einem Thiere verschluckt, in dessen Darm es sich weiter ausbildet, und das einzige Individuum, welches sich aus diesem Ei entwickelt, genügt, um aufs Neue Millionen von Eiern zu erzeugen, welche gleichem Ungefähr anheimfallen.

Die geographische Verbreitung des obenerwähnten breiten Bandwurmes, des Grubenkopfes, bietet in dieser Beziehung interessante Verhältnisse dar. Derselbe kommt in der Schweiz, in Belgien, Holland, Polen und Rußland außerordentlich häufig vor, und in den erstgenannten Ländern namentlich so häufig, daß es manche Lokalitäten gibt, wo fast jeder Einwohner seinen Bandwurm beherbergt. In Deutschland und Frankreich findet sich der Wurm nur bei solchen Individuen, welche längere Zeit in einem der genannten Länder gelebt haben. Eingeborene Deutsche und Franzosen, welche das Land nicht verließen, werden von einem durchaus verschiedenen Wurme, dem Kürbisbandwurme (Taenia solium) heimgesucht, der viel seltener ist, viel mehr Leiden verursacht und auch viel schwerer abzutreiben ist, als der Grubenkopf oder breite Bandwurm (Bothriocephalus latus). Die allgemeine Verbreitung dieses letzteren Wurmes wird dadurch erklärlich, daß derselbe oft mehrere tausende von Gliedern besitzt, und daß jedes Glied ungemein reich an mikroskopischen Eichen ist. Da diese eierreichen Glieder periodisch abgestoßen werden, so ist es natürlich, daß sie sich in dem Kothe und der Flüssigkeit der Abtritte in ungemeiner Anzahl vorfinden. Nun herrscht aber in all den genannten Ländern eine eigenthümliche Methode der Düngung der Gärten namentlich, welche in Deutschland und Frankreich nicht üblich ist. Man benutzt nämlich den Menschenkoth zur Düngung und begießt mit der Flüssigkeit, welche sich in den Abtrittsgruben ansammelt, die Gemüse, den Salat und die übrigen Gartenkräuter, welche bei solcher Behandlung

vortrefflich gedeihen. Man besät demnach diese Kräuter recht eigentlich mit Bandwurmeiern, und wenn auch an denjenigen Gemüsen, welche gekocht werden, die Lebensfähigkeit der anhängenden Eier zerstört wird, so genießt man doch mit Salat Petersilie u. s. w. eine ungeheure Menge von Eiern, welche in dem Darmkanal ihre Entwicklung finden können. Daß diese kleinen Eichen durch das öftere Waschen der Gemüse gänzlich entfernt werden könnten, darf nur von solchen behauptet werden, die nicht wissen, daß es wahrlich fast unmöglich ist, eine glatte Glasplatte von allen anhängenden mikroskopischen Gegenständen durch Reiben und Bürsten zu reinigen. Man muß sich deßhalb bei der allgemeinen Verbreitung dieser Behandlungsweise der Gartengewächse in den genannten Ländern, und den durchaus ungenügenden Reinigungsmitteln der Gemüse vielmehr darüber wundern, daß es dort noch Individuen gibt, welche keine Bandwürmer besitzen.

Die Behauptung, welche man früher aufstellte, daß ein Schmarotzer nicht außerhalb der Thiere leben könne, die ihm zum Aufenthalte angewiesen sind, ist durch die neuesten Untersuchungen für viele Fälle entschieden widersprochen worden. Man hat sich im Gegentheile überzeugen müssen, daß die Eingeweidewürmer während ihres Lebens mannigfache Metamorphosen durchlaufen, und daß diese Metamorphosen je nach der Art zuweilen in demselben Thiere, zuweilen aber auch an sehr verschiedenen Aufenthaltsorten durchlaufen werden. So findet man in dem gemeinen Stichling, einem kleinen Fische, der in allen Gewässern und Pfützen Mitteleuropas wohnt, einen besonderen Bandwurm, dessen Geschlechtstheile, so lange er sich im Fische befindet, stets in unentwickeltem Zustande bleiben. Wird aber der Stichling von warmblütigen Thieren, Wasservögeln, Wasserratten oder dergleichen Bestien gefressen, so setzt sich der Bandwurm im Darmkanale dieser Geschöpfe fest und entwickelt sich nun so vollständig, daß man ihn früher für eine andere Art ansah. Seine Glieder enthalten dann vollkommen ausgebildete Geschlechtsorgane mit reifen Eiern, welche durch den Koth der Vögel in das

Wasser gelangen, dort von den Stichlingen, die sich großen Theils von faulenden thierischen und pflanzlichen Stoffen nähren, gefressen werden, und aufs Neue in dem Darmkanal dieser Letztern den Cyclus ihres Lebens beginnen. In den Eingeweiden der Mäuse und Ratten finden sich eigenthümliche Bandwürmer, deren Kopf ganz gewöhnlich gebildet ist, während die an dem Kopfe sitzenden Glieder blasenförmig angeschwollen und mit Flüssigkeit erfüllt sind. Gelangen diese in Kapseln eingeschlossenen unvollständigen Bandwürmer in den Darm der Katzen, so fallen die wassersüchtigen Glieder ab, und der gesunde Kopf, welcher sich festsetzt, entwickelt sich zu einem gewöhnlichen Bandwurm.

Es zeigen diese Beispiele, die ich noch bedeutend vervielfältigen könnte, daß viele Parasiten ihren Lebenscyclus in verschiedenen Thieren durchlaufen müssen, und zwar in solchen, welche einander zum Raube dienen, so daß der Schmarotzer aus einem Thiere unmittelbar in das andere übergeht und dort allmählig seine Metamorphose erleidet. Es gibt hingegen auch Arten von Schmarotzern, welche längere Zeit frei wie andere Thiere leben und nur gewisse Perioden ihres Daseyns als Schmarotzer hinbringen. Man trifft häufig in Gewässern aller Art einen ellenlangen Wurm, der drehrund und nicht dicker als ein Zwirnfaden, und bei dem Volke unter dem Namen des Wasserkalbes (Gordius aquaticus der Zoologen) bekannt ist. Wie lange dieses Thier frei im Wasser zubringe, weiß man nicht mit Bestimmtheit, so viel aber ist gewiß, daß man es Monate lang lebend in einem Glase mit Wasser erhalten kann und daß es lange Zeit als Schmarotzer in der Bauchhöhle der Heuschrecken sich aufhält. Mehrere Beobachter schon sind Zeugen gewesen, wie solche Wasserkälber aus dem Leibe anscheinend kranker Heuschrecken hervorbrachen und sogar erst dann vollständig dieselben verließen, als sie außerhalb einen feuchten Boden oder Wasser fanden, in welchem sie fortleben konnten.

Noch auffallender als die erwähnten Thatsachen ist diejenige Fortpflanzungsart mancher Eingeweidewürmer, welche man in der neusten Zeit unter dem Namen der Ammenzeu-

gung oder des Generationswechsels kennen gelernt hat. Wir wollen eine dieser Metamorphosen näher beschreiben, da eine bloße Definition nicht hinreichen würde, den Begriff des Generationswechsels vollständig darzulegen. In den Lungen und Luftröhren vieler Wasservögel finden sich eigenthümliche Schmarotzer, Monostomen genannt, welche lebende Jungen zur Welt bringen, die durchaus infusorienartig gestaltet sind, und mittelst eines Ueberzuges von Flimmerhaaren im Wasser schwimmen können. Diese frei umherschwimmenden Jungen entwickeln sich, wie es scheint, später an geeigneten Orten wieder zu Thierchen, welche den mütterlichen Organismen ähnlich sind. Außer dieser normalen Fortpflanzungsweise kann aber der erwähnte Schmarotzer noch auf eine andere Art, nämlich durch Ammenzeugung sich vermehren. Im Innern seines Körpers entwickelt sich ein neuer Organismus, der selbstständige Bewegungen zeigt, häufig eine ziemlich vollkommene thierische Organisation, Mund, Darmkanal u. s. w. besitzt, oft aber auch nur einen contraktilen Schlauch darstellt, der nur eine muskulöse Haut besitzt. Ueber der Ausbildung dieses innern Körpers oder Schlauches geht das Mutterthier zu Grunde, der Schlauch selbst aber füllt sich strotzend an mit eigenthümlichen Thieren, die einen rundlichen oder eiförmigen Körper und langen Schwanz besitzen und Cercarien genannt werden. Die beweglichen Schläuche, welche diese Cercarien beherbergen, wohnen meist in allerlei Wasserschnecken, in denen sie frei hin und her kriechen. Sobald die Cercarien vollständig ausgebildet sind, so werden die Schläuche von der in ihrem Innern hausenden Brut zersprengt, die Cercarien bohren sich durch den Leib der Schnecken hinaus in das Wasser und schwimmen in diesem einige Zeit lang frei umher. Sie heften sich an Insekten und andere Wasserthiere an, graben sich in den Leib derselben ein, werfen dann den Schwanz ab, verpuppen sich und kommen aus dieser Verpuppung als Trematoden, als Distomen hervor. Diese Distomen bringen, wie es scheint, Junge zur Welt, welche ebenfalls frei umherschwimmen, in die Luftröhre der Wasservögel gelangen und sich dort zu Monostomen

ausbilden. Hier ist es also nur ein Theil des zeugenden Mutterthieres, welcher Gelegenheit zu einem neuen Thier gibt, zu jenem belebten Schlauche nämlich, den man gleichsam als die Amme der Cercarienbrut betrachten kann, aus welchen sonach später die Distomen hervorgehen, die durch ihre Jungen erst zu dem Typus des Mutterthieres zurückkehren. Der ganze Cyclus der Entwicklung dieses Schmarotzers wird durch diese eigenthümliche Fortpflanzungsart auf so viele Thiere ausgedehnt, und so mannigfach verwickelt, daß es vieljähriger angestrengter Beobachtungen bedurfte, die Räthsel dieser Fortpflanzungsweise zu lösen.

An manchen andern Schmarotzern hat man ähnliche Erscheinungen beobachtet. So gibt es in den Darmhäuten, besonders aber in der Bauchhöhle mancher Fische, eigenthümliche Fadenwürmer (Filarien), welche meist frei sind, zuweilen aber auch in Bälgen eingeschlossen, einer Verpuppung entgegengehen. Diese Würmer, mit vollständig ausgebildeten Geschlechtsorganen, Muskelsystem und Nahrungsschlauch, kurz so vollkommen organisirt, als ein Fadenwurm es nur seyn kann, erzeugen an ihrem einen Ende eine kolbenartige Anschwellung, die sich allmählig ablöst und selbstständige Lebenserscheinungen darbietet. Diese Anschwellung ist die Amme eines neuen Wurmes, welcher sich in ihrem Innern entwickelt und ein bandwurmartiges Geschöpf darstellt, das nach einiger Zeit die Ammenhülle sowie die Puppenhülle durchbricht, frei in die Bauchhöhle schlüpft, und von dort aus durch die dünne Wandung der Kiemenhöhle in das freie Meer gelangt. Die weiteren Entwicklungen dieses durch Ammenzeugung aus einem Fadenwurme entstandenen Bandwurmes hat man noch nicht verfolgen können, wahrscheinlich bohren sich die Jungen, die auf die beschriebene Weise frei geworden sind, in andere Geschöpfe ein und vollenden dort ihren Lebenscyclus.

Wir sehen demnach, daß die Natur zwei Mittel anwendet, um die Fortpflanzung der Eingeweidewürmer zu sichern; — einerseits eine Vermehrung der Eikeime, welche an das Unglaubliche

gränzt, und andererseits die merkwürdigsten Wanderungen und Metamorphosen, durch welche das Leben des Individuums auch unter den sonderbarsten Zufällen erhalten wird. Man ist erst in der jüngsten Zeit auf diese Metamorphosen aufmerksam geworden, und das Wenige, was man bis jetzt davon weiß, kann nur als der Anfang künftiger weiterer Resultate betrachtet werden. Indeß bleibt schon jetzt der Wissenschaft die Kenntniß jener Wanderungen, welche viele Eingeweidewürmer vornehmen müssen, um ihren Lebenscyclus zu durchlaufen. Noch vor zehn Jahren hätte man nicht geglaubt, daß kalt- und warmblütige Wirbelthiere, Insekten und Mollusken von demselben Thiere in verschiedenen Zuständen bewohnt werden könnten, und daß das Fressen eines dieser Thiere durch das andere und so manche Zufälle besonderer Art mitwirken müssen, um die Wanderungen der Schmarotzer möglich zu machen!

Diese Thatsachen können zwar das Vorkommen und die Verbreitung der Schmarotzer erklären, sie werfen aber noch kein Licht auf ihr Vorhandenseyn in völlig geschlossenen Organen, zu welchen kein Weg von Außen führt, wie inmitten der Muskeln, des Gehirns, der Augen u. s. w. Allein auch über diesen Punkt besitzen wir Beobachtungen, welche die auffallende Erscheinung auf sehr einfache Weise erklären.

So findet man in den Fröschen zu einer gewissen Zeit sehr häufig eine Art von Fadenwürmern, die sich frei in der Bauchhöhle bewegen, und meistens in der Nähe der großen Gefäßstämme, welche aus der Leber in das Herz treten, sich aufhalten. Dieser Fadenwurm gebiert lebendige Jungen; — seine innern Geschlechtstheile, welche oben Eier enthalten, sind gegen ihr unteres Ende hin strotzend angefüllt mit Jungen, die sich sehr lebhaft bewegen und vollkommen den Essigälchen gleichen, welche Jedermann wohl aus eigener Anschauung kennt. Untersucht man nun das Blut eines Frosches, in welchem solche trächtige Fadenwürmer sich finden, so sieht man die Jungen in großer Anzahl innerhalb der Blutgefäße umhertreiben, und mit den Blutkörperchen durch den Körper kreisen. Ich habe Frösche gefunden,

wo man in dem kleinſten Haargefäße der Schwimmhäute oder der durchſichtigen Nickhäute des Auges ſolche junge Fadenwürmchen antraf, die ſich lebhaft ſchlängelten und vollkommen in ihrem Elemente zu befinden ſchienen. Nach einiger Zeit verſchwinden dieſe Würmchen aus dem Blute. Allein nun findet man ſämmtliche Baucheingeweide, beſonders aber die drüſigen Organe und das Bauchfell mit unzähligen kleinen weißen Punkten durchſäet, welche man unter dem Mikroſkope als Kapſeln erkennt. Dieſe Kapſeln liegen im Innern der Gewebe, aber ſtets in der Nähe von Blutgefäßen, und manchmal ſieht man ſie faſt wie Perlſchnüre längs den kleineren Blutgefäßſtämmchen aufgereiht. Jede dieſer Kapſeln enthält einen aufgerollten Fadenwurm, der nach einiger Zeit die Puppenhülſe durchbricht, um in die Bauchhöhle zu gelangen, und dort bis zur vollſtändigen Größe anzuwachſen.

Betrachtet man die Vertheilung der Schmarotzer, welche im Innern von Organen ſich aufhalten, ſo ſieht man dieſelben immer in der Nähe größerer oder kleinerer Blutgefäßſtämme, und zwar an ſolchen Orten, wo die Blutgefäße nur dünne Wandungen beſitzen und demnach leicht durchbohrt werden können. Die Puppenhülſen ſitzen ſtets ganz in der Nähe der Blutgefäße im Innern der Gewebe. Es kann ſomit keinem Zweifel unterworfen werden, daß diejenigen Schmarotzer, welche im Innern von Organen leben, durch die Blutgefäſſe dorthin gelangen, daß ſie als Junge in mikroſkopiſcher Kleinheit in die Blutgefäße ſich einbohren, eine Zeit lang in denſelben mit dem Blute umherkreiſen, und an den zu ihrer Entwicklung geeigneten Orten die Blutbahn aufs Neue verlaſſen, um ſich im Innern der Gewebe anzubauen. Die erwähnten Beobachtungen ſind nicht die einzigen, welche ſolches Kreiſen der Eingeweidewürmer mit dem Blute darthun. Man hat dergleichen in Fiſchen, Hunden und andern Thieren geſehen. Daß ſolche mikroſkopiſch kleine Thierchen, wenn ſie die Blutgefäße durchbohren, weder Löcher noch Narben hinterlaſſen, welche die Durchbohrungsſtelle angeben, iſt wohl von vorne herein erſichtlich. Wäre es ja doch

unmöglich, die Narbe eines Nadelstiches aufzufinden, wie viel weniger, die Spur einer solchen Durchbohrung, die von einem Thierchen gemacht wurde, von welchen mehrere Hunderte zusammengebunden werden müssen, um die Dicke einer einzigen Nadel zu erreichen! Das obenangeführte Beispiel von dem Frosche weist eine Circulation nach, die in demselben Thiere stattfindet. Es ist indessen mehr als wahrscheinlich, daß die mannigfaltigen fadenwurmartigen Geschöpfe von mikroskopischer Kleinheit, welche sich in kranken oder faulenden Gewächsen, in stehenden Gewässern, Bächen und Tümpeln in Menge finden, nur Junge von Eingeweidewürmern sind, welche zufällig von Thieren verschluckt, sich aus dem Darme derselben mittelst Durchbohrung der Gewebe in verschiedene Organe des Körpers begeben und dort ihre Entwicklung vollenden.

Ueberblicken wir die im Vorhergehenden angeführten Thatsachen, so zeigt sich, daß auch die Geschichte der Eingeweidewürmer keinen Haltpunkt für die Annahme einer Urzeugung darbietet, sondern daß alle, auch die verwickeltsten Verhältnisse, durch mütterliche Zeugung, durch Abstammung aus Eiern durch die Metamorphosen und die Wanderungen der Würmer erklärt werden können. In der jüngsten Zeit freilich hat ein sonst ausgezeichneter Beobachter behauptet, daß er die Urzeugung parasitischer Wesen unter dem Mikroskope beobachtet habe. Er hatte die Entwicklungsgeschichte einer Schnecke verfolgt und gesehen, daß von dem Dotter der Eier einzelne Körner sich loslösten und zu einem allmählig selbstständig bewegten Wesen umwandelten, das einen langen Büschel fadenförmiger Anhänge besaß, mittelst deren es in dem Eiweiße umherschwamm, während sich der übrige Dotter zum Embryo der Schnecke entwickelte. Es wurde indessen bald gezeigt, daß diese selbstständig bewegten Wesen keine wirklichen Thiere seyen, sondern Flimmerzellen, deren Wimperhaare besonders lang auswuchsen. Damit ist denn auch der letzte Halt der Urzeugung gefallen, und wir können jetzt dreist sagen, daß die Wissenschaft keine einzige Thatsache kennt, welche für die Existenz einer solchen Weise der Entstehung organischer Wesen spräche.

Es bedarf also nach allen bis jetzt gemachten Erfahrungen stets eines zeugenden Organismus, um ein anderes organisches Wesen hervorzubringen. Allein auch hier gibt es mancherlei Variationen der Entwicklungsweise, und erst als die höhere Blüthe kann man die Trennung der Geschlechter, die Fortpflanzung, welche aus der Vereinigung zweier Individuen getrennten Geschlechtes hervorgeht, bezeichnen. Bei den niederen Thieren kommen mancherlei Fortpflanzungsweisen vor, deren wir hier in der Kürze erwähnen wollen, und es tritt hier zugleich eine gewisse Abhängigkeit dieser Fortpflanzungsweisen von den äußern Verhältnissen auf, die bei den höheren Thieren nicht mehr vorkommt. Viele niedere Thiere nämlich können sich in mehrfacher Weise vervielfältigen, und je nach den Verhältnissen oder den Jahreszeiten wird bald die eine, bald die andere Art der Fortpflanzung vorgezogen.

Viele meiner Leser kennen ohne Zweifel die kleinen gallertartigen Thiere, welche man an den Stengeln der Wasserlinsen findet, die mit dem einen Ende ihres Körpers an den zarten Wurzeln festsitzen, während an dem andern Ende mehrere nach Willkür einziehbare Arme eine Art von Busch um den Mund bilden. Diese Thiere, Armpolypen oder Hydren benannt, haben eine Menge von Verwandten, welche im Meere leben und dort ganze Stöcke bilden, die sich auf mancherlei Körper festsetzen. Es bestehen diese Stöcke aus einer gelatinösen Grundmasse, die sich etwa wie eine Flechte über die Oberfläche der Körper hinzieht und einen gemeinschaftlichen Mutterboden bildet, auf welchem die einzelnen Polypen aufsitzen. Dieser Mutterboden nun breitet sich immer mehr und mehr aus, er sendet wuchernd, etwa wie Erdbeerenstöcke, Schößlinge aus, auf welchen sich neue Polypen erheben, und sehr häufig beschränkt sich die Fortpflanzung und Vermehrung eines solchen Polypenstockes auf die bloße Aussendung von solchen Stolonen oder Ausläufern.

Die einzelnen Polypen selbst vermehren sich indeß ebenfalls zuweilen auf eine eigenthümliche Art. Seitlich an ihrem Körper entsteht eine Aussackung, die allmählig länger wird, sich öffnet,

und am Ende einen länglichen Schlauch darstellt, um dessen vorderer Oeffnung Arme hervorsprossen. Der junge Polyp löst sich nach und nach von dem Körper des Mutterpolypen ab und setzt sich irgendwo an, um ein selbstständiges Leben zu beginnen. Diese Fortpflanzung durch Knospenbildung ist die gewöhnlichere bei den gemeinen Armpolypen des süßen Wassers.

Bei den im Meere lebenden Armpolypen zeigt sich indessen noch eine dritte Art der Entwickelung, die mit der obenerwähnten Ammenzeugung der Schmarotzer zusammenfällt. Auch hier bildet sich seitlich an dem Polypen eine Knospe, die allmählig heranwächst zu einem gallertartigen Geschöpfe, das einen runden scheibenartigen Körper hat, der etwa einem gewölbten Schilde oder einer Glocke ähnlich gestaltet ist. An dem Rande dieser Glocke hängen zahlreiche zum Schwimmen dienende Fäden, und und im Innern der Glocke zeigt sich der centrale Mund, der in weitere Magensäcke und vielfach verästelte Saftröhren führt. Jeder, der den Meeresstrand besucht hat, kennt diese seltsamen Geschöpfe, welche zu Tausenden mit den zartesten Farben prangend, auf dem weiten Meere dahin wogen, von den Wellen hülflos an den Strand gespült werden und den Badenden oft durch ihre nesselnde Eigenschaft lästig sind. Diese Quallen oder Medusen erzeugen in ihrem Innern Junge, welche anfangs die Gestalt von Infusorien besitzen, mittelst eines Wimperüberzuges ihres Körpers frei in dem Meere umherschwimmen, bald aber sich ansetzen und zu einem vollständigen Polypen sich ausbilden. Auf diese Weise ist den Polypen die Möglichkeit gegeben, sich in größern Entfernungen hin fortzupflanzen, da die Qualle frei in dem Meere schwimmt, und auch die von ihr erzeugten jungen Polypen im Anfange freie Ortsbewegung besitzen.

So hat demnach der Polyp drei verschiedene Fortpflanzungsweisen, welche nach den äußeren Umständen verwirklicht werden. Theilt man einen Polypen in zwei Theile, sey es nun der Länge oder der Quere nach, so lebt ein jedes dieser Stücke selbstständig fort und bildet sich von Neuem zu einem selbstständigen Polypen heran. Was aber hier nur künstlich bewerkstelligt wird, das ist die

gewöhnliche normale Fortpflanzungsweise der meisten Infusionsthierchen und sogar vieler Ringelwürmer, die schon auf einer höheren Stufe der Organisation stehen. Es gibt manche in der See lebende Würmer, bei welchen man drei bis vier Junge an einander hängend fand, welche in der Weise entstanden waren, daß sich eines der Glieder des Mutterthieres zu einem Kopfe ausgebildet hatte, an welchem die übrigen Ringe als Glieder anhingen. Bei den Infusorien kommt meistens nur die Zweitheilung vor; — ein Mutterthier spaltet sich in zwei gleichartige Junge, die nach einiger Zeit sich aufs neue von einander trennen können.

Alle diese verschiedenen Verhältnisse kann man unter dem Namen der geschlechtslosen Zeugung und Fortpflanzung zusammenfassen. Es existiren hier keine besonderen Zeugungsstoffe, keine speciellen Keime, aus welchen sich das neue Individuum entwickelt. Bei der geschlechtlichen Zeugung hingegen sind besondere Zeugungsstoffe entwickelt, die wir oben als Eier und Samen unterschieden. Hier bedarf es, wie schon oben angeführt wurde, der unmittelbaren Berührung von Ei und Samen, um den Keim, welcher in dem erstern schlummert, zu wecken, und die Entwicklung des neuen Individuums anzuregen. Das eigentlich Befruchtende des Samens sind ohne Zweifel die Samenfäden, und wenn dieß schon daraus hervorgeht, daß sie nur zur Zeit der Mannbarkeit sich bilden, so liefert ein direkter Versuch den vollständigsten Beweis. Der Samen des Frosches kann filtrirt werden, ohne daß die Samenfäden mit der Flüssigkeit durch das Filtrum gehen. Mit der filtrirten Flüssigkeit ist die Befruchtung unmöglich, während die auf dem Filter zurückgebliebene Masse, welche die Samenfäden enthält, unverändert ihre Kraft beibehalten hat.

Bei vielen Thieren, besonders aber bei den Mollusken sind die männlichen und weiblichen Zeugungsorgane in demselben Individuum vereinigt, und meistens sogar in der Art, daß Hode und Eierstock gleichsam wie zwei Handschuhe ineinander gesteckt sind. Meistens indeß sind die Ausführungsgänge bei den keim-

bereitenden Organen so angeordnet, daß die ausgeführten Stoffe auf ihrem Wege einander nicht begegnen können, und daß es einer wechselseitigen Befruchtung bedarf, um die Eier entwicklungsfähig zu machen. Bei unsern gewöhnlichen Gartenschnecken sehen wir deßhalb stets eine solche wechselseitige Befruchtung erfolgen.

Bei allen höhern Thieren, den Insekten, Spinnen, Krustenthieren, sowie bei allen Wirbelthieren ohne Ausnahme sind die Geschlechter auf verschiedene Individuen vertheilt und eine Vereinigung dieser Individuen nöthig, um die Befruchtung zu erzielen. Zugleich ist eine bestimmte Periode anberaumt, in welcher das Begattungsgeschäft vorgenommen wird. Die Eier bedürfen einer gewissen Zeit zu ihrer Entwicklung innerhalb der Eierstöcke, sie vergrößern sich allmählig und werden, wenn sie reif sind, ausgetrieben, und durch den Eileiter nach außen geleitet, um mit dem männlichen Zeugungsstoffe in Berührung zu kommen. Dieser hat sich indessen correspondirend innerhalb der männlichen Geschlechtswerkzeuge entwickelt und ist zur Zeit der Reife der Eier vollständig ausgebildet. Die Geschlechtsreife ist zugleich die Periode der höchsten Blüthe des individuellen Lebens, und viele Thiere existiren während ihrer letzten kurzen Lebenszeit einzig nur zu diesem Zwecke der Fortpflanzung und sterben fast unmittelbar, nachdem sie demselben genügt haben.

Bei der größern Mehrzahl der Thiere entwickelt sich das Ei erst außerhalb des mütterlichen Organismus, und wird auch erst außerhalb desselben befruchtet. So verhält es sich bei den meisten Fischen und Amphibien, und auch die Befruchtung des Vogeleies geschieht erst unmittelbar, wie es scheint, vor seinem Austritt. Welcherlei Art indessen die Einwirkung des Samens auf das Eichen sey, ist unmöglich genauer zu sagen. Die Schalen aller Eier, mögen sie noch so hart seyn, sind freilich porös und so eingerichtet, daß Flüssigkeiten durch dieselben hindurchdringen können. Bei den Fischeiern bemerkt man sehr deutlich, daß unmittelbar nach dem Austritte des Eies in das Wasser eine lebhafte Einsaugung stattfindet, während welcher die

Eischale sich ausdehnt und den Raum zwischen ihr und der Haut mit Flüssigkeit angefüllt wird. Es ist demnach kein Zweifel, daß auch befruchtende Flüssigkeit bis zu der Dotterkugel vordringen könne, um dort den Anstoß zu fernerer Entwicklung zu geben. Noch Niemand hat einen Samenfaden innerhalb einer Schalenhaut oder im Innern eines Eies gesehen. Es ist deßhalb eine leere, alles materiellen Grundes entbehrende Hypothese, wenn man behauptet, ein einzelnes Samenthierchen dringe in das Innere des Eies ein und bilde dort die Grundlage des zukünftigen Embryos. Die Thatsachen lehren uns nichts weiter, als daß der Samen in materieller Berührung mit der Dotterkugel kommen müsse, und da dem eben angeführten Versuche zu Folge die Samenfäden die Träger der befruchtenden Eigenschaften sind, so müssen wir uns darauf beschränken, sie gleichsam als gelatinöse Kapseln anzusehen, welche durch ihre Beweglichkeit bestimmt sind, den befruchtenden Stoff dem Ei zuzuführen. Sie in das Ei eindringen und dort zum Embryo sich entwickeln zu lassen, wäre eine poetische Ausschmückung, die wie schon bemerkt, alles Grundes ermangelt.

Neunzehnter Brief.

Die Zeugung des Menschen.

Die Geschlechtsreife kündigt sich namentlich bei den weiblichen Säugethieren durch die periodische Wiederkehr gewisser Erscheinungen an, welche wir unter dem Namen der Brunst kennen. Die Thiere werden traurig, in ihrem Benehmen zeigt sich eine eigenthümliche Unruhe, und meistens findet man bei der Untersuchung die äußern Geschlechtstheile stärker geröthet, angeschwollen und in einer Art entzündlicher Aufregung. Diese Erscheinungen beginnen allmählig und steigern sich bis zu einem gewissen Höhepunkte, von welchem aus sie wieder zurücktreten. Während dieser Höhezeit der Brunst wehrt das weibliche Thier das Männchen ab, welches ihm eifrig nachstrebt, und erst nach Abnahme der entzündlichen Erscheinungen, bei welcher sich oft sogar Abgang blutigen Schleimes gewahren läßt, wird das Männchen angenommen. Die eben erwähnten Aeußerungen der Geschlechtslust bei den Thieren, welche periodisch wiederkehren, beruhen offenbar auf einem tiefern Grunde, und zwar ausschließlich auf der gesundheitsgemäßen Funktion der Eierstöcke. Weibliche Thiere, welchen man diese Organe exstirpirt hat (wie dieß namentlich sehr häufig bei Schweinen, welche zur Mästung bestimmt sind, geschieht) werden nicht wieder brünstig, während die Ausschneidung der Eileiter oder der Gebärmutter, wenn sie auch die Zeugungsfähigkeit absolut aufhebt, dennoch der regelmäßigen Wiederkehr der Brunst keinen Eintrag thut. Diese ist demnach ohne Zweifel durch das Leben der Eierstöcke, durch die

Entwicklung der in ihnen gebildeten Eier bedingt. Allein die Erscheinungen, welche hervorgerufen werden, erstrecken sich über die gesammte Sphäre der Geschlechtsorgane. In der That findet man bei brünstigen Thieren die ganze Ausdehnung der inneren Schleimhäute, welche von der Gebärmutter aus in die Eileiter übergehen und diese auskleiden, lebhaft geröthet, die Blutgefäße dieser Organe, sowie diejenigen des Eierstockes strotzend erfüllt und an dem Eierstocke selbst höchst merkwürdige Veränderungen in dem Verhalten der Follikel und der Eichen.

Man nahm bisher ziemlich allgemein an, daß die Brunst der Säugethiere gleichsam das Zeichen sey, wodurch sich die Reife einiger im Eierstocke enthaltenen Eier kund gebe. Die Begattung, glaubte man, bilde das erregende Moment, wodurch die Loslösung der Eier vom Eierstocke bedingt werde, so daß dann die Zeugungsstoffe einander im Innern der weiblichen Organe begegneten. Man glaubte also, einen Unterschied annehmen zu dürfen zwischen den Säugethieren und den übrigen Thieren, bei welchen die Eier durchaus unabhängig von der Begattung sich von dem Eierstocke loslösen und ausgestoßen werden. Die neuern Untersuchungen, welche einer der ausgezeichnetsten Beobachter unserer Zeit mit jener Gründlichkeit vornahm, die ihn auszeichnet, haben indessen gelehrt, daß diese Ansicht falsch sey, und daß bei den Säugethieren ebensogut, wie bei allen andern Thieren, die Eier sich periodisch, auch ohne Einfluß der Begattung vom Eierstocke loslösen und zur Zeit der Brunst nach außen geführt werden. Die Resultate der obenerwähnten Versuche sind in ihren Folgerungen für die menschliche Zeugung zu wichtig, als daß wir hier nicht näher darauf eingehen sollten. Bevor wir dieß indeß thun, müssen wir den Mechanismus der Ablösung der Eier von dem Eierstocke einer nähern Betrachtung unterwerfen.

Meine Leser erinnern sich, daß das Ei der Säugethiere und des Menschen, welches kaum $^1/_{10}$ Linie im Durchmesser hat, hart an der Oberfläche des Follikels gelagert ist, und daß der Follikel selbst um so mehr nach außen drängt, je entwickelter er ist. Die Oberfläche des Eierstockes ist von einer dünnen zarten Haut,

einer Duplikatur des Bauchfelles überzogen, und diese Haut wird von den entwickelten Follikeln halbkugelförmig in die Höhe gehoben. Vermöge seiner Lagerung innerhalb des Follikels befindet sich das Eichen auf dem höchsten Punkte dieser Erhöhung hart an der Innenwand des Bauchfellüberzuges. Mit dem Beginne der Brunst zeigt sich erhöhter Blutandrang nach dem Eierstock und eine lebhaftere Ausschwitzung der Flüssigkeit, welche den Follikel erfüllt. Die Wandungen des Follikels selbst erscheinen geröthet, entzündet, und sehr oft sieht man auf seiner Oberfläche zierliche Geflechte von überfüllten Blutgefäßen. Der Bauchfellüberzug des Follikels erweicht sich allmählig unter dem Einflusse dieser entzündlichen Thätigkeit mehr und mehr an der dem Eichen gegenüberliegenden Stelle. Der Follikel füllt sich zugleich prall mit weißlicher, eiweißartiger Flüssigkeit an, öffnet sich am Ende an seiner höchsten Stelle, da wo die umhüllenden Häute am dünnsten sind, und läßt das Eichen austreten, welches dann in den geöffneten Trichter des Eileiters fällt und von diesem weiter geleitet wird. Man hat diesen Vorgang öfters so dargestellt, als berste der Follikel förmlich, durch die übermäßige Anfüllung mit ausgeschwitzter Flüssigkeit, und lasse beim Zerplatzen das Eichen austreten. Man hätte sich schon durch Beobachtung an eierlegenden Thieren überzeugen können, daß diese Auffassung des Hergangs eine falsche sey. Bei diesen Thieren nämlich ist fast gar keine Flüssigkeit zwischen dem Ei und dem Eisacke ergossen. Der Eisack, der dem Ei überall fest anliegt, ist nur von einer dünnen Membran gebildet, welche in wirkliche entzündliche Erweichung übergeht, und unmittelbar nach dem Austritte des Eies nicht mehr Consistenz darbietet, als eine dicklichte Gallerte, welcher die Blutgefäße einigen Halt verleihen. Die Austrittsstelle des Eichens aus dem Follikel bei dem Säugethiere und dem Menschen zeigt sich unmittelbar nach diesem Austritte niemals wie ein durch Platzen entstandener Riß, sondern als ein kleines mit freiem Auge kaum wahrnehmbares Löchlein, welches meist von einem deutlichen Gefäßkranze umgeben ist. Offenbar wirkt demnach das Eichen auf die Wand des

entzündeten Follikels gleichsam wie ein fremder Körper, der einen bestimmten Druck erzeugt, und dadurch die Aufsaugung an dem Orte dieses Druckes begünstigt. Der Follikel berstet demnach nicht durch die gewaltsame Anhäufung der in ihm befindlichen Flüssigkeit, sondern öffnet sich durch Aufsaugung an der Stelle, wo das Eichen einen bestimmten, fortwährenden und genau umkränzten Druck ausübt.

Nach der Austreibung des Eichens steigert sich meist die Entzündung in dem Follikel so sehr, daß wirkliche Blutergießung in demselben stattfindet, und zugleich plastische Masse ausgeschwitzt wird, welche häufig schwammartig aus der Oeffnung hervorwuchert. Durch eine Reihe allmähliger Metamorphosen bildet sich dann diese wuchernde Masse allmählig wieder zurück und läßt sich nach langer Zeit als ein rundlicher Körper erkennen, welcher meistens eine gelbliche Farbe besitzt, und deßhalb von den Anatomen auch als gelber Körper bezeichnet wurde. Die Bildung eines gelben Köpers ist demnach die unvermeidliche Folge des Austrittes eines Eichens aus dem Follikel. Wir werden indeß später sehen, daß der Umfang eines solchen gelben Körpers bedeutend größer ist, wenn wirkliche Befruchtung erfolgte, ein Umstand, der sich leicht durch den erhöhten Erregungszustand der innern Geschlechtstheile während der Schwangerschaft erklären läßt.

Um die frühere Ansicht, daß die Loslösung der Eier bei den Säugethieren eine Folge der Anregung sey, welche durch den in die inneren Geschlechtstheile gelangten Samen bewirkt werde, zu widerlegen, bedurfte es des Beweises, daß die Eier auch bei geschlossenen Leitungsorganen, wo der Samen nicht bis zum Eierstocke vordringen kann, sich loslösen, und daß sie auch bei denjenigen Thieren in den Eileiter gerathen, bei welchen gar keine Annäherung des Männchens erfolgt ist. Die angestellten Versuche beweisen nun auf das Entscheidendste, daß bei weiblichen Hunden und Kaninchen, denen man Stücke des Uterus ausgeschnitten hatte, nach Verheilung der Wunde dennoch die Brunst wiederum eintrat, wie wenn nichts vorgefallen wäre. Untersuchte man nun nach stattgehabter Begattung die inneren

Geschlechtstheile, so fand man, daß der Samen und die lebhaft sich bewegenden Samenfäden einerseits bis zu der Stelle vorgedrungen waren, wo die Höhle des Uterus durch eine Narbe verschlossen war, und daß anderseits das Eichen den Eierstock verlassen und die Wanderung innerhalb des Eileiters begonnen hatte. Die Untersuchung solcher Thiere, welche brünstig waren, die man aber während der ganzen Zeit der Brunst von dem Männchen entfernt gehalten hatte, wies nach, daß auch hier die Eier ausgetreten und im Eileiter befindlich waren; — ja selbst bei solchen Weibchen, die noch nie geboren hatten und zum erstenmale brünstig waren, zeigten sich ausgestoßene Eier im Eileiter und beginnende Bildung gelber Körper in den Follikeln. Es ist demnach jetzt unumstößlich bewiesen, daß die Eier der Säugethiere sich periodisch, nachdem sie zur vollständigen Reife gelangt sind, bei dem Auftreten der Brunsterscheinungen von dem Eierstocke loslösen und ihren Weg durch die Eileiter nach der Gebärmutter hin fortsetzen. Aeußerlich wird diese Reife der Eier und der Beginn ihrer Wanderung durch die Brunst angedeutet. Erhält der dadurch angeregte Geschlechtstrieb seine Befriedigung, wird die Begattung zu rechter Zeit vollzogen und die Eier auf ihrem Wege noch innerhalb des Eileiters von dem Samen erreicht, so werden sie befruchtet und entwickeln sich weiter. Ist dieses nicht der Fall, so gehen sie zu Grunde und werden wahrscheinlich innerhalb der Geschlechtstheile selbst aufgelöst und vernichtet.

Bei dem menschlichen Weibe zeigen sich eigenthümliche Verhältnisse, welche die Anwendung des ebenerwähnten Gesetzes einigermaßen erschweren. Die Geschlechtsreife desselben kündigt sich durch jenen eigenthümlichen periodisch wiederkehrenden Blutfluß an, den wir mit dem Namen der Menstruation oder der monatlichen Reinigung bezeichnen. Im normalen Zustande kehrt diese Absonderung je nach dem Verlaufe eines Mondsmonats oder nach 28 Tagen wieder; ihren Eintritt bezeichnet meist leichtes Unwohlseyn, Abgespanntheit, während nach ihrem Verschwinden erhöhtes Wohlbefinden und zugleich lebhaftere

Geschlechtslust eintritt. Die Menstruation hängt ebenso wie die Brunst bei den Thieren, von dem normalen Befinden der Eierstöcke ab. Bei Eierstockskrankheiten, welche beide Organe befallen, bei verkrüppeltem Zustande und unvollständiger Ausbildung der Eierstöcke fehlt auch die Menstruation, und ebenso verschwindet sie alsbald mit dem Aufhören der Geschlechtsthätigkeit. Es zeigt sich also eine große Analogie zwischen der Menstruation einerseits und der Brunst der Säugethiere anderseits, eine Analogie, die nur dadurch einigermaßen gestört wird, daß die Menstruation sehr häufig wiederkehrt, und keine so absolute Gränze in der Ausübung der geschlechtlichen Funktion zieht, als dieß bei der Brunst der Fall ist. In der That übt das weibliche Säugethier nur unmittelbar nach dem Ablaufe des Höhepunktes der Brunst, nicht aber in der Zwischenzeit die Begattung aus, während bei dem Weibe die Befriedigung der Geschlechtslust an keine Zeit gebunden ist. Indeß ist dieser Unterschied wohl in der ursprünglich freieren Natur des Menschen begründet, der in allen Verhältnissen weit weniger an Zeit und Ort gebunden erscheint, als dieß bei dem Thiere der Fall ist.

Man glaubte früher, daß die Existenz eines gelben Körpers an dem Eierstocke stets ein untrügliches Zeichen stattgehabter Empfängniß sey. Die neuen Untersuchungen haben indeß gelehrt, daß jedesmal bei der Menstruation ein Follikel sich öffne, mit ihm ein Ei austrete, und ein gelber Körper als Zeugniß dieses Austrittes zurückbleibe. Indessen erscheint dieser gelbe Körper, welcher sich nach der Menstruation entwickelt, kleiner und unvollständiger ausgebildet, und die Narbe, die er verursacht, verschwindet weit früher als diejenige, welche in Folge stattgehabter Empfängniß an dem Eierstocke sich findet. Bedenkt man aber, daß die Empfängniß und die Entwicklung des Fötus einen fortdauernden Reizzustand in den innern Geschlechtsorganen erhält, daß der Blutandrang Monate lang in bedeutendem Maße fortfährt, so wird man begreiflich finden, daß auch die Ausschwitzung von Narbenmasse in dem entzündeten Follikel bedeutend größer ist **während des Monate lang andauernden Reizzustandes der inneren**

Geschlechtsorgane, welchen die Schwangerschaft unterhält, und daß deßhalb ein weit ansehnlicher gelber Körper zurückbleiben muß, als nach der Menstruation, wo die Aufregung der Organe nicht ferner fortdauert und bald Alles in den normalen Zustand zurückkehrt.

Es ist noch keinem Beobachter geglückt, ein menschliches Ei in dem Eileiter selbst aufzufinden, und diese mangelnde Kenntniß ist auch die Ursache, weßhalb die erst neuerdings erlangte Gewißheit, daß bei jeder Menstruation ein Ei sich loslöse, keine allgemeinere Geltung und namentlich keine Anwendung auf gewisse Verhältnisse finden kann. Wüßten wir genau, wie lange Zeit das Ei bedarf, um den Eileiter zu durchwandern, so wäre damit auch unbedingt die Frage gelöst, in welcher Zeit das Weib empfangen kann, und in welcher nicht. Wir werden in der Folge dieser Untersuchungen sehen, daß der Samen und das Ei nothwendig einander innerhalb der Eileiter begegnen müssen, daß eine Befruchtung nicht mehr möglich ist, sobald das Ei den Eileiter durchwandert hat und in der Gebärmutter angelangt ist. Könnten wir also den Zeitpunkt bestimmen, bis zu welchem das Ei in der Gebärmutter anlangt, so wären auch damit die Gränzen der Zeit festgesteckt, innerhalb welcher Befruchtung möglich ist. Hierüber können wir aber einzig nur Vermuthungen, aber keine begründete Gewißheit haben, da die Periode der Wanderung durch den Eileiter bei den Thieren außerordentlich verschieden ist. So findet man, daß das Ei des Kaninchens durchschnittlich drei, das der Schafe und Kühe 4 — 5 Tage im Eileiter verweilt, während das Ei des Hundes nach 8 — 10 Tagen im Uterus anlangt und das Ei des Rehes sogar höchst wahrscheinlich Monate zu seinem Durchgange durch den Eileiter bedarf. Indeß ist es wahrscheinlich, daß sich das Ei des Menschen etwa ähnlich verhält, wie dasjenige des Hundes, und somit durchschnittlich 8 — 12 Tage zu seinem Durchgange durch den Eileiter braucht.

Es steht im Allgemeinen fest, daß die Frauen am leichtesten unmittelbar nach der Beendigung der Menstruation empfangen, und man deßhalb den Termin der Schwangerschaft auf die Art

am sichersten bestimmt, daß man die Epoche der Empfängniß 8 Tage nach der letzten Menstruation annimmt. Wäre diese Annahme einer 8 — 12tägigen Befruchtungszeit des Eies gegründet, so würde daraus nothwendig folgen, daß innerhalb der letzten 14 Tage vor dem Eintritte der Menstruation keine Befruchtung statthaben könne. Ob dieß richtig sey, müssen künftige Erfahrungen nachweisen, und es dürfte wohl für manchen Ehemann von Interesse seyn, zu erproben, ob die Annahme wirklich stichhaltig sey oder ob ein größerer Spielraum der Befruchtungsfähigkeit des menschlichen Eies gesetzt werden müsse. Jedenfalls verdient dieser Punkt die wesentlichste Berücksichtigung von Seiten Aller; — denn seine Erhärtung würde ein Mittel an die Hand geben, die Vermehrung der Familie zu beschränken, ohne den Genüssen entsagen zu müssen, welche die Ehe bietet. Hier namentlich wäre es an dem Orte, daß ältere Aerzte ihren Einfluß aufböten, um Beobachtungen über einen Punkt anzustellen, von dem höchstens der vertraute Hausarzt Kunde erhält. Ich selbst kenne einen älteren Arzt, welcher Erfahrungen angestellt zu haben scheint, die unsere Annahme bestätigen, indem er seinen jüngern Freunden den Rath ertheilte, in dem Umgange mit Weibern während der ersten 14 Tage nach der Menstruation vorsichtig zu seyn, nachher, meinte er, wären keine schlimmen Folgen zu fürchten.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, daß regelmäßig bei dem Eintritte der Menstruation die Eichen sich loslösen und ihre Wanderungen beginnen. Der erhöhte Congestionszustand, in welchem sich die inneren Geschlechtsorgane während der Periode der Ausstoßung befinden, äußert sich, auch namentlich in dem Kelche und in den Fransen des Trichters, der die innere Mündung des Eierstockes bildet. Diese Fransen richten sich auf und umfassen den Eierstock so von allen Seiten, daß das Eichen in die innere Höhle fallen muß. In den Röhren des Eileiters selbst angelangt, wird es von den wurmförmigen Zusammenziehungen derselben, sowie von der Wimperbewegung weiter nach unten befördert, und trifft, im Falle Begattung erfolgt, innerhalb

des Eileiters mit dem Samen zusammen. Dieser letztere kommt ihm sonach auf halbem Wege entgegen, und es fragt sich, durch welches Mittel diese Fortbewegung des Samens bewerkstelligt werde.

Untersucht man die inneren Geschlechtsorgane von Thieren, welche unmittelbar nach der Begattung getödtet wurden, so zeigt sich die ganze Gebärmutter bis in ihre hinteren Enden mit Samenfäden erfüllt, welche sich auf das lebhafteste bewegen. Nach und nach dringen auch die Samenfäden in den Eileiter ein und man kann sie in demselben um so weiter vorgerückt finden, je längere Zeit nach der Begattung verflossen ist. Oftmals begegnet es sogar, daß die Begattung schon ziemlich lang vor dem Austritte der Eier stattfindet, und daß deßhalb die Samenfäden bis zu dem Eierstocke selbst vordringen können. Es sind mehrfache unzweifelhafte Beobachtungen vorhanden, in welchen man Samenfäden auf dem Eierstocke selbst fand; — in den meisten Fällen jedoch muß zugestanden werden, daß sie nicht bis dahin gelangen, sondern unterweges die Eier antreffen. Meistens findet man die Eier, welche in dem mittleren oder untern Drittheil des Eileiters sich befinden, rundum mit Samenfäden bedeckt, und oft sogar sind diese letzteren inmitten der Eiweißschichten, welche sich im Eileiter bilden, eingelagert.

Bei dem menschlichen Weibe scheinen ganz vollkommen gleiche Verhältnisse obzuwalten. Auch hier ist es wahrscheinlich, daß in der Regel eine fruchtbare Begattung nur dann Statt findet, wenn der Same bei der Begattung selbst bis in die Höhle der Gebärmutter eingebracht wird. Aus diesem Grunde schon ist die leichtere Befruchtung unmittelbar nach der Menstruation wahrscheinlich, weil während des Blutflusses der Muttermund erweicht und geöffnet ist. Indessen beweisen auch viele, unzweifelhaft wahre Thatsachen, daß manchmal Empfängniß erfolgte, wenn auch der Same nur an die äußeren Geschlechtstheile gebracht wurde. Ein alter Berliner Arzt, dessen liebenswürdige Persönlichkeit das unbedingte Vertrauen seiner Clienten sich erwarb, hat aus seiner reichen Erfahrung mehrere schlagende Fälle dieser Art mitgetheilt, welche beweisen, daß in seltenen Fällen

auch nur von den äußeren Geschlechtstheilen aus die befruchtende Flüssigkeit bis in das Innere vordringen kann. Indeß, wie gesagt, dieß sind nur seltene Ausnahmen von der Regel.

Wenn somit die Fortwanderung der Samenfäden innerhalb der weiblichen Geschlechtstheile unbezweifelt ist, so kann auf der andern Seite nicht in Abrede gestellt werden, daß kein besonderer Bewegungsapparat für den Samen innerhalb der Geschlechtstheile existire, sondern daß die Samenfäden selbst durch ihre kriechenden und schlängelnden Bewegungen sich allmählig weiter schieben. Von den Hunderttausenden, welche in das Innere der Gebärmutter gelangen, finden vielleicht nur wenige ihren Weg in den Eileiter, allein auch diese wenigen genügen zu der Erreichung des vorgesteckten Zweckes. Bei vielen Thieren finden sich freilich weit complicirtere Anstalten, um den Samen an den Ort seiner Wirksamkeit zu bringen, und bei manchen Mollusken namentlich zeigen sich wahrhafte Samenmaschinen, in deren schlauchartigen Behältern gelatinöse Substanzen angehäuft sind, welche bei der Berührung mit Wasser anschwellen und zuletzt den Samenschlauch so ausdehnen, daß er berstet und den Samen ausschleudert.

Ueberblicken wir noch einmal kurz die Verhältnisse, welche die Zeugung des Menschen bedingen, so sehen wir, daß die Befruchtung des Eies innerhalb des Eileiters durch unmittelbare Berührung mit dem Samen geschehen muß; — daß die Eichen in periodischer Wiederkehr sich loslösen und auf ihrer Wanderung in dem Eileiter durch Begegnung mit dem Samen befruchtet werden, oder aber innerhalb der Geschlechtstheile unbefruchtet zu Grunde gehen, und daß endlich der Samen, einmal in die äußeren Geschlechtstheile gebracht, durch die selbstständige Bewegung der Samenfäden weiter nach innen geschafft wird. Die Veränderungen, welche das Ei in Folge der Befruchtung erleidet, werden wir in dem nächsten Briefe betrachten.

Zwanzigster Brief.

Das Ei im Eileiter. Die Zellenbildung.

In dem obern Drittheile des Eileiters zeigt sich das Ei bei den Säugethieren ganz in derselben Gestalt, wie wir es in dem Eierstocke kennen lernten. Es hat noch immer einen kugligen homogenen Dotter, an dessen einer Stelle man zuweilen noch das Keimbläschen unterscheidet, obgleich in den meisten Fällen dasselbe verschwunden ist, und dann der Dotter als durchaus gleichförmige Kugel erscheint. Es hat ferner seine Zona als äußere Hülle. Anfangs sitzen auf dieser noch ringsum, einem Strahlenkranze gleich, die aus dem Graaf'schen Follikel mitgebrachten Zellen der Keimscheibe. Diese letzteren streifen sich indessen sehr bald ab, so daß die Zona vollkommen nackt und bloß erscheint.

Bei dem Kaninchen und, wie es scheint, bei den meisten niederen Säugethieren, sondert der Eileiter eine helle, durchsichtige, halbfeste Masse ab, die sich schichtenweise um das Ei herumlegt und in ihrem äußeren Verhalten vollkommen dem Eiweiße der Vogeleier gleicht. Zwischen den Schichten dieser Masse sieht man sehr häufig Samenthierchen in Menge eingeschlossen, und neuere Beobachter sind dadurch veranlaßt worden, irrthümlich zu behaupten, sie hätten Samenthierchen im Innern der Zona selbst gesehn. Bei den höheren Säugethieren, dem Hunde z. B. fehlt diese Eiweißbildung durchaus, und es steht demnach zu erwarten, daß auch bei dem höchsten Säugethiere,

dem Menſchen, bei welchem man bis jetzt noch kein Ei im Eileiter geſehen hat, keine ſolche Eiweißbildung angetroffen werden dürfte.

In der unteren Hälfte des Eileiters, in welcher das Ei anlangt umgeben von ſeiner Eiweißſchicht, befreit von den Zellen der Keimſcheibe, und wo das Keimbläschen ſchon untergegangen iſt, beginnen die merkwürdigſten Veränderungen des Dotters, die man unter dem Namen der Furchung oder des Theilungsprozeſſes bezeichnet hat. Es beginnt dieſer Theilungsprozeß, aus welchem allmählig die bildenden Elemente des Embryos hervorgehen, auch in Eiern, welche nicht befruchtet wurden; er ſchreitet aber nicht vorwärts in der normalen Weiſe, die wir bald beſchreiben werden, ſondern wird unregelmäßig, wenn die Befruchtung nicht baldigſt erfolgt. Deßhalb führten wir auch oben als nothwendige Bedingung der Befruchtung an, daß die Begegnung des Samens und des Eies noch innerhalb des Eileiters ſtattfinden müſſe. Da die Furchung ſtets im unteren, oft aber auch ſchon im mittleren Theile des Eileiters, beginnt und die Befruchtung ihre Regelmäßigkeit nicht wieder herſtellen kann, ſobald dieſe einmal geſtört iſt, ſo erſcheint unſere Behauptung vollkommen gerechtfertigt.

Betrachtet man ein Säugethierei, welches in das erſte Stadium der Theilung eingetreten iſt, unter dem Mikroſkope, ſo erſcheint der Dotter aus zwei vollkommen iſolirten, von einander getrennten Hälften zuſammengeſetzt, welche eine eiförmige Geſtalt haben und nur durch den Einſchluß in der Zona zuſammengehalten werden, da ſie bei dem Oeffnen des Eis mittelſt einer ſcharfen Nadel auseinander fallen und ſich leicht iſolirt unterſuchen laſſen. Der Dotter hat ſich demnach in zwei Hälften getheilt, deren jede wieder in gewiſſer Beziehung der urſprünglichen Dotterkugel ähnlich iſt. Denn eine jede dieſer beiden Furchungskugeln enthält wieder in ihrem Innern ein helles Bläschen, von einer feinen Haut gebildet und mit waſſerklarer Flüſſigkeit gefüllt, welches einigermaßen dem Keimbläschen ähnlich ſieht, jedoch mit dem Unterſchiede, daß man meiſt keine

inneren Bildungen darin nachweisen kann, welche etwa dem Keimflecke analog wären. Soviel ich und andere genaue Beobachter auch diese hellen Bläschen im Innern der Furchungskugeln bei Säugethieren und Fröschen untersuchten, so haben wir uns doch in keinem Falle von der Existenz kernartiger Gebilde im Innern derselben überzeugen können, sondern stets nur einen vollkommen homogenen wasserklaren Inhalt in demselben gesehen. Andere, des Vertrauens nicht minder würdige Beobachter versichern, im Innern dieser Bläschen bei verschiedenen Thieren körnige Kerne gesehen zu haben, und wollen sogar deren constantes Vorkommen behaupten. Mag indeß dieser Streit geschlichtet werden, wie er wolle, so scheint wenigstens so viel gewiß, daß diese Kernchengebilde im Innern der hellen Bläschen keine weitere Bedeutung für die Ausbildung der Furchungskugeln besitzen.

Beobachtet man das Ei einige Zeit später, so sieht man statt zweier Furchungskugeln vier kleinere, meist vollkommen runde kugelförmige Gebilde, deren jedes ebenfalls ein helles Bläschen in seinem Innern zeigt. Jede dieser Kugeln ist vollkommen isolirt von der andern und gleicht wieder in ihrer ganzen Bildung, abgesehen von der Größe, der primitiven Dotterkugel. Die Theilung schreitet nun streng gesetzmäßig in einer geometrischen Reihe fort, deren Exponent die Zahl 2 ist. Man findet Eier aus 8, 16, 32, 64 u. s. w. Furchungskugeln zusammengesetzt, und jede dieser Furchungskugeln besitzt ein helles Bläschen in ihrem Innern und besteht aus einem Aggregat von körniger Dottersubstanz, welches um dieses Bläschen gruppirt ist. Der einzige Unterschied dieser zahlreicheren Furchungskugeln von den ursprünglichen besteht in ihrem kleineren Volumen und in der geringeren Größe des in ihnen enthaltenen hellen Bläschens. Der Dotter erhält durch diese fortschreitende Furchung und Verkleinerung der Kugeln, die in der Zona eingeschlossen sind, je nach dem Stadium der Furchung die Gestalt einer Traube, einer Maulbeere oder Himbeere. Sobald man indeß das Ei öffnet, so gelingt es leicht, die einzelnen Furchungskugeln von einander zu trennen, und als selbstständige Elemente darzustellen.

Der Vorgang, wie wir ihn eben an dem Säugethiere dargestellt haben, war schon früher an andern Thiereiern, namentlich an denjenigen der Frösche beobachtet worden, und in der jetzigen Zeit ist es einzig die Classe der Vögel, bei welchen die Furchung noch unbeobachtet ist, während in dem ganzen übrigen Thierreich, entweder totaler oder doch theilweiser Theilungsprozeß des Dotters bekannt ist. Es konnte nicht fehlen, daß diese merkwürdige Erscheinung, dieses Auftreten eines strengen numerischen Verhältnisses bei den ersten Lebensäußerungen des Eies die Aufmerksamkeit der Naturforscher im höchsten Grade auf sich zog. Wenn man nun auf der einen Seite den Vorgang selbst in seinen äußeren Erscheinungen verfolgte, und mancherlei beträchtliche Modifikationen in demselben entdeckte, so suchte man auf der andern Seite zu ermitteln, welcher tiefere Grund der Erscheinung zu Grunde liege, und in welcher Beziehung die Furchungskugeln sowohl zu den ursprünglichen Theilen, welche das Ei zusammensetzen, als auch zu den spätern Bildungselementen des Embryos ständen.

Die erste Frage, welche man zu lösen versuchte, war diejenige nach dem Schicksale des Keimbläschens. Dieses in allen Eierstockseiern so constant vorkommende Gebilde war nach der Befruchtung, sobald einmal die Furchung sich einzuleiten begann, nicht mehr zu finden, und auch der körnige Keimfleck oder die vielfachen bläschenartigen Keimflecke ließen sich nirgends entdecken. Auch jetzt herrscht noch über diesen Punkt manches Dunkel, welches aufzuklären späteren Beobachtungen anheimgestellt ist. Daß die hellen Bläschen, welche sich in den Furchungskugeln zeigen, nicht durch eine Theilung des Keimbläschens hervorgegangen sind, ist wohl sicher ermittelt; daß das Keimbläschen, so wie es ursprünglich bestand, vor dem Beginne der Furchung zu Grunde gehe, scheint ebenfalls ausgemacht. Allein wir wissen nicht, zu welchen speziellen Bildungen sein Verschwinden Anlaß gibt, zumal da es in den Eiern mit totaler Furchung schwer hält, zu bestimmen, an welchem Orte das Keimbläschen ursprünglich gelegen habe. Es gibt indeß Thiere, bei

welchen die Dottertheilung keine totale ist, sondern wo nur ein mehr oder weniger beschränkter Theil des Dotters an der Furchung Antheil nimmt, der Rest desselben dagegen in seiner ursprünglichen formlosen Gestalt zurückbleibt. Dieß ist der Fall bei einigen Froschgattungen, bei den meisten Fischen und den Cephalopoden, während die Eier der übrigen Mollusken, wie die der Säugethiere totale Furchung besitzen. Bei den Thieren mit partieller Furchung erhebt sich nur ein Theil des Dotters hügelartig, und bildet wulstartige Erhöhungen, in welchen helle Bläschen sich zeigen, die sich mehr und mehr zerspalten, meist aber nach innen hin nur unvollkommen gegen die formlose Dottersubstanz abgegränzt sind. Die Furchung schreitet in diesem Falle von einem bestimmten Punkte aus allmählig um sich greifend fort, und überzieht, je nach den speziellen Verhältnissen, entweder das gesammte Ei oder auch nur einen Theil desselben. Hier zeigt es sich nun aufs Deutlichste, daß der Mittelpunkt, von welchem aus die Furchung fortschreitet, an demjenigen Orte liegt, den das Keimbläschen in dem unbefruchteten Eie behauptete, und daß dieser selbe Punkt auch den Mittelpunkt der embryonalen Entwicklung bildet. Ein gleiches Verhältniß findet sich aller Wahrscheinlichkeit nach auch bei den Eiern mit totaler Furchung. Das Keimbläschen zeigt somit in dem unbefruchteten Eie jedesmal die Stelle an, von welcher aus die embryonale Entwicklung fortschreitet, und beurkundet dadurch jedenfalls eine bedeutungsvolle Beziehung zu der Entstehung des Embryos selbst.

Das Schicksal des einfachen Keimflecks oder der vielfältigen Keimflecke ist ebenfalls noch sehr in Dunkel gehüllt. Dieses Dunkel wird in Beziehung zu dem einfachen körnigen Keimfleck, wie er sich bei den Säugethieren zeigt, auch nur sehr schwer gelichtet werden können. Wenn, wie es wahrscheinlich ist, die zarte Haut des Keimbläschens sich auflöst und die in demselben enthaltene Flüssigkeit sich wirklich mit der Dottersubstanz mischt, so wird es mit unsern jetzigen Hülfsmitteln der Untersuchung geradezu unmöglich seyn, den Keimfleck unter den zahlreichen körnigen Dotterelementen herauszufinden und wieder zu erkennen.

Günstigere Verhältnisse finden sich vielleicht bei den mehrfachen bläschenartigen Keimflecken, welche in manchen Eiern, so namentlich in denjenigen der Batrachier, der Frösche, Molche und Kröten vorkommen. Es ist mehr als wahrscheinlich, trotz des Widerspruches mancher neuern Forscher, daß diese bläschenartigen Keimflecke nach der Auflösung des Keimbläschens sich in der Dottersubstanz einlagern, dort sich ausdehnen und so allmählig sich zu jenen hellen Bläschen ausbilden, welche in den ersten Furchungskugeln auftreten. Die bisherigen Beobachtungen haben wenigstens noch keine bestimmten Thatsachen gegen diese Annahme geliefert, obgleich auf der andern Seite auch keine zweifellose Bestätigung derselben beigebracht werden konnte.

Es muß hier auf eine Erscheinung aufmerksam gemacht werden, deren Allgemeinheit mehr und mehr hervortritt, obgleich die Beobachter derselben bisher nur sehr wenige Theilnahme geschenkt haben. Bei fast allen Eiern mit totaler Furchung nämlich, deren Dotter klein genug sind, um sie unter dem Mikroskope in ihrem ganzen Umfange bei stärkerer Vergrößerung beobachten zu können, namentlich aber bei den Eiern der Mollusken und der Säugethiere treten während des Beginnens der Furchung ein oder zwei helle Bläschen aus dem Innern des Dotters aus und verlieren sich allmählig in der Flüssigkeit, welche zwischen den Furchungskugeln und der umhüllenden Dotterhaut oder Zona ergossen ist. Es scheinen diese Bläschen von dem Punkte auszugehen, welchen das Keimbläschen eingenommen hat, und es dürfte vielleicht ihre Bildung in gewisser Beziehung zu dem Keimbläschen stehen, weßhalb die genauere Verfolgung ihrer Entstehung bei künftigen Beobachtungen wohl in das Auge zu fassen seyn wird.

Die Vermehrung der Furchungskugeln und deren streng mathematisches Verhältniß hat nicht minder als das Schicksal des Keimbläschens die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich gezogen. Aus der geometrischen Reihe, mit dem Exponenten zwei, welche durch diese Vermehrung gebildet wird, geht schon hervor, daß jede bestehende Furchungskugel sich in zwei kleinere

Kugeln theilen, und eine jede dieser kaum entstandenen Furchungskugeln wieder neue Theilungsfähigkeit besitzen müsse. Es fragt sich aber, von welchen Bildungselementen der Furchungskugel diese stets erneuerte Spaltung in zwei Hälften ausgehe, ob es das helle centrale Bläschen sey, welches auf irgend eine Weise sich theile und hernach als Anziehungsmittelpunkt diene, um welchen herum die einzelnen Dotterelemente sich in Form von Kugeln gruppiren, oder ob vielmehr in der formlosen Dottersubstanz selbst diese Tendenz zu kugelförmiger Gruppirung liege, und erst secundär in den vorgebildeten Kugeln das helle Bläschen sich entwickele.

Ein bewährter Forscher, welcher das constante Vorkommen von kernchenartigen Gebilden in den hellen Bläschen der Furchungskugeln behauptet, glaubt die Vermehrung dieser letzteren in folgender Weise darstellen zu können. Nach ihm theilt sich das Kernchen, indem es sich allmählig verlängert, in zwei Theile, und um jeden dieser Theile bildet sich ein neues helles Bläschen, welches sich allmählig vergrößert. Es sollen sich demnach zu einer gewissen Zeit in dem hellen Bläschen einer Furchungskugel zwei andere Bläschen eingeschachtelt befinden, deren jedes sich um einen körnigen Kern als Mittelpunkt gebildet hat. Diese eingeschachtelten Bläschen vergrößern sich nach und nach so, daß sie das Mutterbläschen zersprengen und frei werden. Sobald sie frei geworden sind, so entfernen sich die beiden früher eingeschachtelten Bläschen von einander und dienen nun jedes für sich als Mittelpunkt, um welchen herum sich die Dotterelemente in Form von Kugeln gruppiren. Nach diesem Forscher geht also die Vermehrung der Furchungskugeln von der Theilung oder vielmehr von der Mutterzeugung heller Bläschen aus, und die Bläschen bilden gleichsam anziehende Centra, welche auf die Dottersubstanz einwirken und diese zu kugelförmiger Gruppirung vermögen.

Es ist unmöglich, dieser Darstellung der Vermehrung der Furchungskugeln unbedingt beizutreten in jetziger Zeit, wo noch keine entscheidenden Thatsachen für einige der wesentlichsten Punkte

in der mitgetheilten Theorie beigebracht worden sind, und wo die meisten Forscher sich vergebens abmühen, in den hellen Bläschen der Furchungskugeln etwas Anderes als wasserhellen homogenen Inhalt zu finden. Der Eckstein der Theorie, die Theilung der körnigen Kerne, welche die Zeugung zweier eingeschachtelter Bläschen zur Folge haben soll, bedarf demnach noch der Bestätigung. Außerdem geht die Furchung in vielen Eiern so schnell vor sich, daß in weniger als vierundzwanzig Stunden die ganze Dottermasse in mehrere hundert Furchungskugeln zerfällt ist. Man müßte in solchen Eiern stets nur helle Bläschen finden, in welchen andere eingeschachtelt wären, und bei stundenlanger Fixirung desselben Eies unter dem Mikroskope müßte man die eingeschachtelten Bläschen entstehen, sich frei machen und andere in ihrem Innern erzeugen sehen. Mir hat indeß, trotz aller Mühe, die ich anwandte, eine solche Beobachtung noch in keiner Weise glücken wollen. Ich habe im Gegentheil Furchungskugeln gesehen, welche einem Biscuit oder einer Schuhsohle ähnlich sahen, und in deren einem, angeschwollenen Ende ein helles Bläschen sich befand, während auf der andern Seite keine Bildung dieser Art sich wahrnehmen ließ. Offenbar waren diese Furchungskugeln in der Theilung begriffen, die eine Hälfte derselben schnürte sich gerade von der andern ab; — allein nichtsdestoweniger zeigte sich in dieser Hälfte kein helles Bläschen als bedingender Moment ihrer Bildung. Es ist mir deßhalb weit wahrscheinlicher, daß die Tendenz zu kugelförmiger Gruppirung in der Dottersubstanz selbst liegt, und daß die hellen Centralbläschen erst in den schon vorgebildeten kugeligen Anhäufungen der Dottersubstanz entstehen.

Die genauere Feststellung dieser Verhältnisse erscheint besonders deßhalb von Wichtigkeit, weil der Furchungsprozeß die Einleitung darstellt zu der Bildung der Elementartheile, aus welchen der Embryo sich aufbaut. Der Embryo selbst besteht zu einer gewissen Zeit seiner ganzen Masse nach aus Zellen, d. h. aus bläschenartigen Gebilden, welche in ihrem ganzen Verhalten denjenigen Elementartheilen gleichen, aus welchen das

Gewebe der Pflanzen aufgebaut ist. Erst aus diesen ursprünglichen Elementarzellen, welche den Embryo zusammensetzen, entstehen die einzelnen so mannigfaltigen Gewebtheile, aus welchen die Organe des Erwachsenen gebildet sind. Die Erkenntniß dieser ursprünglichen Uebereinstimmung in der Struktur der Pflanzen und Thiere ist eines der schönsten Resultate, welches die neuere Wissenschaft zu Tage gefördert hat. Sie ist der Ausgangspunkt gewesen zu den fruchtbarsten Arbeiten im Felde der mikroskopischen Forschung und läßt auch jetzt noch die weitsichtigsten Ergebnisse erwarten. Die ganze embryonale Entwicklung beruht auf dem Leben der Zellen, auf deren Entstehung und allmähliger Ausbildung, und jede Thatsache, welche auf diese Entstehung und auf die Funktion der Zelle im Allgemeinen Bezug hat, ist deßhalb von der größten Wichtigkeit. Die Geschichte der Entstehung und Vermehrung der Furchungskugeln ist zugleich die Entstehungsgeschichte der thierischen Zellen im Allgemeinen, denn die Furchungskugeln sind nur werdende Zellen und bilden sich augenblicklich zu wirklichen Zellen aus, sobald sie durch fortschreitende Theilung diejenige Größe erreicht haben, welche die Elementarzellen des Embryos besitzen sollen. Da alle Organe des Embryo ohne Ausnahme ursprünglich aus wahren Zellen zusammengesetzt sind, so wird es, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, hier ersprießlich seyn, das Leben der Zellen im Allgemeinen, ihre Entstehung, Fortbildung und endliches Schicksal darzustellen, und in kurzen Umrissen die Zellentheorie so zu geben, wie der heutige Stand der Wissenschaft dieselbe ausgebildet hat.

Die Furchungskugeln haben wir in dem Vorhergehenden als kugelige Körper kennen gelernt, deren Substanz um ein Bläschen als Mittelpunkt gruppirt ist. Diese Substanz, welche stets einen gewissen Halt hat und meistens sogar noch größere Festigkeit besitzt als die ursprüngliche Dottersubstanz, wird in ihrer kugeligen Form durch ihre eigene Zähigkeit, nicht aber, wie man etwa glauben könnte, durch Umhüllung mit einer besondern Membran erhalten. Man hat viel und oft über diese Existenz

von umhüllenden Membranen an den Furchungskugeln gestritten, dabei aber vergessen, daß man sich besonders in dem Fall nicht einigen konnte, wo man von Furchungskugeln verschiedenen Alters sprach, indem die anfänglich hüllenlosen Kugeln sich allerdings zu einer gewissen Zeit mit einer Membran umkleiden. Die gelatinöse Grundsubstanz, in welcher die Körnchen der Dottermasse und der Masse der Furchungskugeln zerstreut sind, verdichtet sich allmählig an der Peripherie der Furchungskugel und erhärtet endlich zu einer strukturlosen einfachen Membran, deren Existenz und bestimmte Abtrennung von dem Inhalte um so leichter nachgewiesen werden kann, je längere Zeit die Membran bestanden hat. Man kann sich den Vorgang dieser Erhärtung etwa versinnlichen, wenn man die Bildung einer festeren geronnenen Schicht auf einer Gelée z. B. ins Auge faßt. Auch hier läßt sich im Anfang nur erkennen, daß an der Oberfläche unter dem Einflusse der Luft eine consistentere Schicht sich gebildet hat, die allmählig in die innere flüssige Masse übergeht und sich von dieser nicht scheiden läßt; nach und nach gerinnt diese Schicht zu einem einfachen Häutchen, das man trennen und abziehen kann. Ganz so verhält es sich auch mit den Furchungskugeln. Je kleiner diese werden, desto bestimmter spricht sich die Trennung zwischen umschließender Haut und innerer, eingeschlossener Substanz aus. Ist diese Trennung einmal nachweisbar vollendet, so nennen wir die Gebilde, die wir vor uns haben, Zellen, und wir erkennen dann gewisse Lebenserscheinungen, welche ihren Sitz hauptsächlich in der die Zelle einschließenden Membran oder in der Zellenwand haben.

Indem wir die allmählige Bildung der Furchungskugeln und die Ausbildung der Zellenwand verfolgten, haben wir zugleich die Entstehungsgeschichte der Zelle selbst kennen gelernt, sowie deren einzelne Theile bezeichnet. Alle aus Furchungskugeln hervorgegangenen Zellen, und da diese es sind, welche den Embryo zusammensetzen, alle primitiven Embryonalzellen werden demnach aus folgenden Theilen gebildet.

1) Aus einer äußern umhüllenden, strukturlosen Membran,

der Zellenwand, welche die Form eines kugeligen Bläschens besitzt und durch Condensirung der peripherischen Schicht einer Furchungskugel entstanden ist.

2) Aus einem mehr oder minder körnigen Inhalt, gebildet von der ursprünglichen Dottersubstanz, welche nach ihrer Gruppirung in kugeliger Form von der allmählig an der Peripherie sich verdichtenden Zellenwand umschlossen wurde, und

3) endlich aus einem innern hohlen, mit wasserheller Flüssigkeit gefüllten Bläschen, dem Kerne, das ursprünglich in der Mitte des Körnerhaufens sich befindet, und zuweilen, wenn auch nicht in allen Fällen, ein körniges Kernchen umschließt.

Welches Gebilde bei dem beschriebenen Vorgange der Zellenbildung aus Furchungskugeln das primäre sey, ob der körnige zur Kugel geballte Inhalt, das in demselben eingeschlossene Bläschen, der Kern, oder das in dem Kerne gelegene Kernchen, kann vor der Hand noch nicht mit Sicherheit ausgemacht werden. So viel aber ist festgestellt, daß die Zellenwand eine sekundäre Bildung um die vorher bestehende Substanzkugel mit ihrem Kerne ist.

Die primitiven Zellen des Embryo, aus welchen in der Folge alle Elementartheile der Gewebe hervorgehen, entstehen also nach den bis jetzt angestellten Untersuchungen überall im Thierreiche durch peripherische Umbildung einer Zellenwand um eine kernhaltige Substanzkugel, und in allen Fällen lassen sich die drei integrirenden Bestandtheile, Kern, Inhalt und Zellenwand, deutlich in diesen primitiven Embryonalzellen unterscheiden. Es fragt sich indeß, ob diese Art der Zellenbildung die einzige sey, und ob nicht sowohl bei Embryonen, als auch bei Erwachsenen bläschenartige Gebilde, welche wir ihrer Lebenserscheinungen wegen mit dem Namen von Zellen belegen müssen, auch in anderer Weise entstehen können.

Als man die große Idee von der primitiven Zellenbildung aller thierischen Gewebe zuerst aufstellte, glaubte man nach den vorhandenen, besonders an Pflanzen angestellten Beobachtungen ein anderes Schema der Zellenbildung geben zu müssen. Von

dem Grundsatze ausgehend, daß gleichartige Dinge auch auf gleiche Weise entstehen müßten, behauptete man die Allgemeinheit dieses Schemas für alle Zellen ohne Ausnahme. Die innere Nothwendigkeit der gleichartigen Entstehungsweise aller Zellen ist indeß damit durchaus noch nicht dargethan, daß man in bläschenartigen Gebilden, welche sehr verschiedener Form, verschiedenen Inhalts und verschiedenen Endschicksals seyn können, Lebenserscheinungen nachweist, welche uns berechtigen, dieselben unter einem gemeinsamen Begriffe, demjenigen der Zelle, zusammenzufassen. Wenn Jemand behaupten wollte, daß alle Thiere auf die gleiche Weise entstehen müßten, so würde man eine solche Ansicht eben einfach mit Hinweisung auf die Erfahrung zurückweisen, die uns mehrfache Entstehungsarten der Thiere kund gibt, und wenn Jemand, um ein näher liegendes Beispiel zu wählen, den Satz aufstellte, daß alle verschiedenen Arten von Fasern, welche sich in den thierischen Geweben finden, auch wirklich in gleicher Weise entstanden seyn müßten, so würde man sich ebenfalls genöthigt sehen, mit Hindeutung auf die Erfahrung ihn zurückzuweisen. Ganz so verhält es sich auch mit den Zellen; wenn wir auch eine gewisse Gruppe von Elementartheilen Zellen nennen und diese Zellen in gewissen Punkten mit einander übereinstimmen, so können dieselben doch in anderen Verhältnissen von einander abweichen, und jetzt schon beweist uns die Erfahrung, daß es Entstehungsweisen von Zellen gibt, welche von der oben beschriebenen in ihrem Mechanismus durchaus verschieden sind.

Nach der von dem Begründer der Zellentheorie zuerst aufgestellten Ansicht sollten sich die Zellen in folgender Weise bilden und vermehren. In der formlosen, körnigen Grundsubstanz, die man an vielen Orten in werdenden Gebilden findet, und welche man Cytoblastem (Zellenbildungsstoff) nannte, sollte ein besonderes Körnchen sich vergrößern und einen Anziehungspunkt, ein Kernchen (Nucleolus) bilden, um welchen herum die Körnchen der Grundsubstanz sich zu einem rundlichen oder linsenförmigen Körper, einem Kerne (Nucleus) gruppirten. Auf der

einen Seite dieſes Kernes ſollte ſich nun eine membranartige Schicht niederſchlagen, welche anfangs dem Kerne eng anliege, allmählig wüchſe, ſich ausdehne und zu einem Bläschen entwickle, an deſſen innerer Seite der Kern dann anhängend gefunden werde. Dieſes Bläschen, die entſtehende Zellenwand, ſollte anfänglich etwa in einem Verhältniſſe zu dem Kerne ſtehen wie das Uhrglas zu dem Körper einer Uhr, und erſt durch das allmählige Eindringen flüſſigen Inhalts ſollte dieß Bläschen ſich vergrößern und nach und nach die Größe erhalten, welche es in gewöhnlichen Zellen beſitzt, wo der Kern nur in unbedeutendem Verhältniſſe zu der Zelle ſteht. Es iſt klar, daß bei dieſer Annahme der Zellenbildung anfänglich nur flüſſiger Inhalt durch Endosmoſe in das Innere der Zelle gelangen konnte, und in der That hielt man auch die häufig in dem Zelleninhalte befindlichen Körnchen für Produkte ſpätern Niederſchlags.

Die Vermehrung der Zellen ſollte durch endogene Zellenbildung vor ſich gehen, nämlich in der Weiſe, daß innerhalb einer Zelle ſich neue Kernchen und dann Kerne bildeten, daß dieſe Kerne auf die oben beſchriebene Weiſe ſich zu Zellenmembranen umbildeten, und daß endlich die neu gebildeten Zellen die Mutterzelle, in welcher ſie eingeſchloſſen waren, zerſprengten und frei wurden. So achtbare Autoritäten indeſſen auch für dieſe Zellenbildung und die beſchriebene Art der Vermehrung derſelben aufgetreten ſind, ſo laſſen ſich doch für letztere namentlich keine beweiſenden Thatſachen anführen. In den blinden Enden mancher Drüſengänge findet man körnige Gebilde, meiſt von linſenförmiger Geſtalt, welche offenbar freie Kerne ſind, deren ſpätern Entwicklungsgang man im weitern Verfolge des Kanals anſichtig wird. In der That zeigen ſich hier Zellen mit waſſerhellem Inhalt, die einen verhältnißmäßig ſehr großen Kern eng umſchließen, während man weiter unten große Zellen mit verhältnißmäßig kleinem Kerne und oft auch feinkörnigem Inhalte ſieht. Noch in einigen andern, aber doch ſehr ſeltenen Geweben des Körpers läßt ſich ein ähnlicher Entwicklungsgang der Zellen wahrnehmen, der durchaus mit dem oben aufgeſtellten Schema

übereinkommt. Dagegen hat noch Niemand mit vollkommener Sicherheit die nach demselben vor sich gehende endogene Zellenbildung nachweisen können; denn daraus, daß zuweilen Zellen vorkommen, welche zwei Kerne enthalten, ist wahrlich kein weiterer Schluß zu entnehmen.

In manchen Geweben bilden sich Zellen auf die Weise, daß anfänglich innerhalb einer homogenen Grundsubstanz sich äußerst kleine Bläschen bilden, die sich allmählig vergrößern, die Grundsubstanz verdrängen oder durch Endosmose in sich aufnehmen, und endlich vollkommen polyedrische Gestalt annehmen, wie man sie in dem Pflanzenzellgewebe zu sehen gewohnt ist. In diesen durch allmählige Ausdehnung entstandenen Zellen findet sich meist gar kein Kern, und wenn ein solcher vorhanden ist, so zeigt er sich nur in den ganz ausgebildeten Zellen als kleines, blasses Körperchen.

Es geht überhaupt schon aus dem bisher Gesagten zur Genüge hervor, daß der Kern von sehr wechselnder und verschiedener Beschaffenheit seyn kann. In denjenigen Zellen, welche aus Furchungskugeln hervorgegangen, ist der Kern ein mit wasserheller Flüssigkeit gefülltes Bläschen, in den Zellen des Drüsen- und Knorpelgewebes, so wie in vielen andern Geweben des Körpers von Anfang an ein aus körniger Substanz gebildeter Körper, der sich später freilich in ein Bläschen umwandeln kann, aber gewiß primitiv keine innere Höhlung besitzt. So wie der Kern kein nothwendiges Moment zur Bildung einer Zelle ist, und diese auch ohne Dazwischenkunft eines Kerns entstehen kann, so ist auch seine Existenz keine nothwendige Bedingung für das Leben der Zelle, deren wesentliche Lebenserscheinungen in den Funktionen der umhüllenden Membran, in der Zellenwand beruhen. Man hat behauptet, zum Begriff einer Zelle gehöre nothwendig die Existenz eines Kernes, der stets primitiv ein Bläschen sey, und auf diese Ansicht fußend verwarf man die Beobachtungen, die auf Entstehung und Existenz von Zellen ohne Intervention der Kerne hinwiesen. Das Schematisiren darf indeß in der Naturwissenschaft nie über die Beobachtung hinausgehen,

noch weniger aber sich derselben entgegenstellen, und aus diesem Grunde muß man sich entschieden allen Bestrebungen widersetzen, welche gleichsam nur darauf hinauslaufen, Alles unter einen Hut zu bringen. Sobald thatsächlich nachgewiesen wird, daß an allen Orten, wo man die Existenz von Kernen läugnete, dieselben dennoch vorhanden seyen, so wird man diesen Thatsachen zufolge seine Ansichten von der Nothwendigkeit des Kernes in einer Zelle ändern müssen. Man hat gesagt, die Kerne vieler Zellen seyen zu blaß, als daß man sie sehen könne; man müsse aber, auf Analogie gestützt, die Existenz derselben dennoch annehmen. Die Analogie kann aber, unserer Ansicht nach, wohl zur Entdeckung von Thatsachen führen, sie darf aber denselben nicht substituirt werden und noch weniger denselben widersprechen. Der vorliegende Fall aber (man verzeihe mir die Vergleichung) gleicht er nicht einigermaßen der Geschichte Till Eulenspiegels, welcher behauptete, seine Gemälde könnten nicht von solchen Personen gesehen werden, die unehelich geboren wären? Es darf in den Naturwissenschaften nur die Thatsache existiren, und was der Anatom nicht dem bloßen Auge oder dem bewaffneten zeigen kann, das hat für ihn kein Recht der Existenz.

Wir beobachten in den Zellen eine Menge eigenthümlicher Erscheinungen, welche hauptsächlich der Zellenwand angehören und darauf hinführen, die Zelle gleichsam als einen für sich bestehenden Organismus anzusehen, der ein eigenthümliches Leben hat, welches sich durch Wachsthum in bestimmten Richtungen, durch Veränderungen der im Innern enthaltenen Gebilde, durch Aufnahme und Abgabe gewisser Stoffe, endlich sogar manchmal durch Bewegungserscheinungen und durch einen bestimmten Lebenscyclus kund gibt, in Folge dessen die Zelle entsteht, sich ausbildet, in andere Elementartheile übergeht, oder auch der endlichen Auflösung anheimfällt. Freilich entwickelt sich eine jede Zelle nach dem Typus des Organismus, welchem sie angehört und in Beziehung zu dem Organe, von welchem sie einen Theil ausmacht; allein ihr Leben ist dennoch in manchen Beziehungen unabhängig von der Existenz dieses Organismus, und kann oft

noch eine Zeit lang auch ohne den Zusammenhang mit demselben fortbestehen. Ich weiß kein besseres Bild zur Versinnlichung des Lebens eines aus Zellen zusammengesetzten Organismus, als die Vergleichung mit einem Bienenstocke. Jede Arbeiterbiene ist durch ihren Instinkt, durch die Organisation ihres gesammten Körpers darauf angewiesen, die Honigkuchen nach einer bestimmten Norm zu verfertigen und aufzubauen. Jede derselben ist an ihren Stock gefesselt und baut nur dann in diesem Stocke, wenn ihre Königin darin weilt. Trotz dieser Unterordnung unter das Ganze ist dennoch jede Biene frei, den Honig, das Wachs, kurz alle nöthigen Materialien da zu holen, wo es ihr gefällt, und in solcher Menge herbeizubringen, als sie zweckmäßig findet. In gewisser Weise ähnlich verhalten sich auch die Zellen, welche einen werdenden Organismus bilden. Sie entwickeln sich nach bestimmten Normen, die dem Typus, welchem der Organismus angehört, entsprechen; allein in diesem Streben, in diesem Zusammenwirken zur Bildung des Ganzen führt eine jede Zelle ein mehr oder weniger beschränktes individuelles Leben, das je nach besonderen Verhältnissen modificirt werden kann.

Von wesentlicher Wichtigkeit für das Leben der Zellen sind die Veränderungen, welche wir im Innern derselben erfolgen sehen, die Umwandlungen, welche der Inhalt selbst erfährt; Erscheinungen, die besonders von der Zellenwand auszugehen scheinen. Schon die einfachen endosmotischen Prozesse, welche bei allen thierischen Membranen vorkommen, zeigen sich auch bei den Zellen, die in nicht concentrirten Flüssigkeiten aufschwellen und selbst bersten, in concentrirten dagegen durch Abgabe von Flüssigkeit einschrumpfen und sich runzeln; allein außer diesen Phänomenen kommt der Zellenwand auch noch eine eigenthümliche Einwirkung auf die Flüssigkeiten zu, von denen die Zelle umspült wird. Wir haben schon bei der Betrachtung der Absonderungsthätigkeit die Frage besprochen, ob die in den Drüsengängen vorhandenen Zellen die Sekretionsstoffe in sich erzeugen oder sie nur einfach aus der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit

aufnehmen. Wir haben uns für die letztere Annahme erklärt aus dem Grunde, weil man einzelne Sekretionsstoffe im Blute nachweisen kann; zu gleicher Zeit aber zeigten wir, daß diese Anziehungskraft für einzelne Stoffe, welche die Zellenwand besitzt, von der Fähigkeit, diese Stoffe neu zu bilden, nur sehr wenig abstehe. Jede Zelle ist so gleichsam ein specifisches Filtrum für gewisse Stoffe, und zeigt ihre Lebensthätigkeit eben darin, daß sie in einer Auflösung verschiedenartiger Stoffe nur diejenigen anzieht und in sich hinein filtrirt, welche ihrer Natur nach zu der Zellenwand in einem gewissen Verhältniß stehen. So ziehen die Blutkörperchen aus dem Blute allen Blutfarbestoff an sich, die Nierenzellen aus demselben Blute den Harnstoff, die Leberzellen den Gallenfarbstoff — alles Stoffe, welche man im normalen Zustande nur in diesen Zellen findet und die oft nur in unbestimmbarer Menge in dem Blute enthalten sind.

Nicht nur bei dieser Aufnahme besonderer specifischer Stoffe zeigt sich aber die Zellenwand besonders interessirt, sondern auch bei manchen anderen Erscheinungen. So geht die allmählige Verflüssigung des Inhaltes bei den mit grobkörnigem Gehalte versehenen Zellen stets von der Zellenwand aus; die Körner verschwinden zuerst in der Nähe derselben, so daß platte Zellen wie ein Ring aussehen, der mit einem hellen Rande umgeben ist, und zuletzt erst lösen sich diejenigen Körner auf, welche den Kern umgaben. Der Niederschlag von körnigen Massen in Zellen mit anfänglich flüssigem Inhalt geht den umgekehrten Weg; zuerst sammeln sich die Körner um den Kern und allmählig nur nähern sie sich der Peripherie. Oft verdicken sich die Zellen in der Art, daß sich allmählig neue Schichten an die Zellenwand anlegen; die Zellenwand selbst leistet mit dem Alter größeren Widerstand gegen chemische Reagentien, löst sich schwerer in Essigsäure z. B. auf. Alle diese Thatsachen beweisen, daß die Zellenmembran in den Lebenserscheinungen der Zellen die bedeutendste Rolle spielt und daß sie besonders der Sitz derselben ist.

In gewissen Zellen erreicht die Zellenwand den höchsten

Grad der Ausbildung, indem sie wirklich Contraktilität erhält und bewegungsfähig wird. Die Wimpern der Flimmerzellen sind nur Ausfaserungen der Zellenwand, welche beweglich werden. Die Unabhängigkeit solcher Wimperzellen kann so weit gehen, daß sie förmlich sich losreißen und frei umher bewegen, wie man dieß namentlich bei den Wimperzellen von Schneckenembryonen beobachtet hat. Von dieser freien Beweglichkeit der Wimperzellen zu der gänzlichen Befreiung der Zellen ist nur ein Schritt, der in der That in der Natur auch gethan scheint. Schon die obenerwähnten losgerissenen Wimperzellen gleichen so vollkommen manchen Infusorien, daß ihr Entdecker sie wirklich als Thiere betrachten wollte. Die neueren Untersuchungen haben nun gelehrt, daß es in der That manche niedere Thiere gibt, welche nur von einer einzigen Zelle gebildet werden, so daß die Zelle also nicht nur Bewegung, sondern auch Empfindung besitzt. Viele sogenannte polygastrische Infusorien sind Zeitlebens nichts anderes als eine einfache thierische Zelle, mit Empfindung und Bewegung begabt. Andere Thiere sind nur während einer gewissen Zeit auf dieser Stufe der Bildung, über die sie sich später hinausschwingen. So sind die meisten sogenannten beweglichen Keimschläuche, deren wir oben bei der Ammenzeugung gedachten, nur einfache thierische Zellen mit Empfindung und Bewegung, welche in ihrem Innern die Brut der Jungen erzeugen. Diesen Keimschläuchen ähnlich sind die sogenannten Gregorinen, eigenthümliche Schmarotzer, welche nur einzellige Uebergangsformen höher gebildeter Schmarotzer sind. Das Ei endlich ist in seinem ursprünglichen Zustande ebenfalls nichts anderes als eine Zelle; der Keimstock das Kernchen, das Keimbläschen der Kern, der Dotter der Inhalt, die Dotterhaut die Zellenwand. Es zeigt sich aber in diesen Verhältnissen, die wir nur andeuten können, wieder recht deutlich die allmählige Unterordnung der Zelle unter das Ganze des Organismus. Bei den niedersten Thieren ist die Zelle selbst der Gesammtorganismus; eine Stufe höher bildet die Zelle den Organismus nur während einer Uebergangsperiode, besitzt aber auch dann noch alle animalischen

Funktionen, Empfindung und Bewegung; noch weiter aber ist der Organismus ursprünglich eine unbewegte Zelle, dann ein Zellenhaufen, dessen einzelne Glieder sich trennen, Bewegung erhalten und eine Zeit lang ein eigenes Leben führen können; endlich bei den höchsten Thieren wird die Eizelle nicht beweglich, aus dem späteren Zellenhaufen können sich die einzelnen Elemente nicht loslösen, um ein selbstständiges Leben während einiger Zeit zu führen, und die Bewegung wird nur einzelnen bestimmten Zellen zuertheilt, während die meisten durch Metamorphosen ihrer ursprünglichen Natur entfremdet und in andere Gewebtheile übergeführt werden, die mehr noch als die einfache Zelle, von dem Organismus im Ganzen abhängig sind.

Diese Umwandlungen der Zellen im Einzelnen zu verfolgen, würde uns hier zu weit führen. Es kommen dieselben zu Stande theils durch einseitiges Auswachsen nach verschieden Richtungen, wodurch geschwänzte, birnförmige, spindelförmige, cylindrische Gestalten erzeugt werden, die endlich in solide Fasern sich spalten oder auch durch Aneinanderwachsen in Röhren sich umwandeln; theils auch durch innere Anlagerung von Schichten und Fasern, und theils wieder durch Aufnahme verschiedener Stoffe, Auflösung der Wände, der Kerne und dergleichen mehr. Alle diese Verwandlungen bieten einen großen Reichthum an Erscheinungen dar; sie sind in jedem Gewebe anders und ich müßte die mikroskopische Anatomie sämmtlicher einzelner Organe und die Entstehungsgeschichte der einzelnen Gewebtheile darstellen, wenn ich alle diese Metamorphosen näher berühren wollte, die im Ganzen darauf hinauslaufen, die selbstständigen Lebenserscheinungen, welche die Zelle zeigte, zu vernichten und dieselbe ganz dem allgemeinen Leben des Organismus unterzuordnen.

Mit dieser Vernichtung des speciellen Zellenlebens im Organismus gewinnen aber die außerhalb der Zelle befindlichen Stoffe eine größere Bedeutung. Die Zellen sind, bei den Thieren sowohl wie bei den Pflanzen, durch eine formlose, bei erstèren mehr flüssige Substanz mit einander verbunden, die sogenannte Intercellularsubstanz, welche dann mit dem Cytoblasteme

gleichbedeutend wird, wenn in ihr Zellen entstehen. Bei den Pflanzen spielen ferner die Intercellularräume eine große Rolle, leere Räume, welche sich zwischen den einzelnen Zellen hinziehen und meist mit circulirendem Safte gefüllt sind. Diese Substanzen und Räume zwischen den Zellen bekommen bei den Thieren erst dann ihre Wichtigkeit, wenn die Zellennatur der Gewebe durch die späteren Metamorphosen zu schwinden beginnt. Die Blutgefäße nämlich, die Drüsengänge ohne Ausnahme, sind ihrer Entstehung nach nur Intercellularräume, entstanden durch das Auseinanderweichen ursprünglich compakter Zellenmassen, und das Blut, wie die verschiedenen Sekretionsflüssigkeiten sind, ihrem Ursprunge nach, nur flüssige Intercellularsubstanz. Wir werden bei der Bildung der Blutgefäße, bei der Entstehung der Drüsengänge näher hierauf eingehen und namentlich sehen, daß die Cirkulation des Blutes erst dann in ihre, für den Körper so wichtige Stelle eintritt, wenn die ursprüngliche Zellenstruktur des Embryo untergeht, und daß die Anlagen der Organe ganz ohne Intervention der Cirkulation sich aus Zellen aufbauen, welchen in der ersten Zeit alle Funktionen zukommen, die später durch die Blutflüssigkeit vermittelt werden.

Einundzwanzigster Brief.

Das Ei und seine Hüllen in der Gebärmutter.

Wir haben in dem vorigen Briefe das Ei bis zu dem Augenblicke verfolgt, wo die Furchungskugeln, auf ihren kleinsten Durchmesser reducirt, sich mit Membranen umgaben und so als wirkliche Zellen hinstellten. Die Dottermasse im Ganzen hat in diesem Momente, wo das Ei in den Uterus eintritt, ihre ursprüngliche kugliche Gestalt wieder gewonnen, und nur die warzenartigen Erhöhungen auf der Oberfläche deuten bei dem unverletzten Eie darauf hin, daß der Dotter auf diesem letzten Stadium der Furchung noch aus kuglichen Elementen zusammengesetzt sey. Sobald die Furchungskugeln sich einmal in Zellen umgewandelt haben, so treten bald die Funktionen der Zellenwände auf, wodurch die äußere Struktur der Zellen und die Natur ihres Inhaltes verändert wird. Die Zellen der Säugethiereier drängen mehr und mehr nach der Peripherie, während im Innern Flüssigkeit sich ansammelt und das Ei durch Einsaugung von außen an Umfang zunimmt. Die Zellen haften zugleich durch ihre Oberfläche fester an einander, wie wenn sie mittelst einer lebenden Intercellularsubstanz an einanderr geleimt wären. Sie zerfallen nicht mehr bei dem Oeffnen des Eies, wie früher die Furchungskugeln, sondern bilden nur eine zusammenhängende, hautartige Ausbreitung, in welcher sie sich durch den gegenseitigen Druck abplatten und sechseckige Gestalten annehmen, so daß eine solche Zellenlage, von der Fläche aus gesehen, etwa das Ansehen

eines alten Fensters bietet, in welchem kleine sechseckige Scheiben durch Bleistäbe miteinander verbunden sind. Dieses Hindrängen der Zellen nach der Peripherie erreicht seinen endlichen Gipfelpunkt in der Bildung der erwähnten hautartigen Ausbreitung, welche der inneren Fläche der Zona hart anliegt und aus den schönsten sechseckigen plattgedrückten Pflasterzellen besteht, die man sehen kann. Jede dieser Zellen hat einen centralen hellen Kern, das ursprüngliche helle Bläschen der Furchungskugel. Der körnige Inhalt ist anfangs gleichmäßig in der Zelle vertheilt, bald aber beginnt die allmählige Auffaugung dieser dunkleren Körnchen von der Zellenwand her, und da die Zelle selbst abgeplattet ist, so zeigen sich die am längsten persistirenden Körner in Gestalt eines Ringes körniger Substanz, welcher um den hellen Kern gruppirt ist.

Während diese Veränderungen in den Zellen selbst vorgehen, hat sich das Ei durch Aufnahme von Flüssigkeit in das Innere mehr und mehr vergrößert und die Zona selbst in bedeutendem Grade ausgedehnt. Wenn die Zona anfangs unter dem Mikroskope als ein verhältnißmäßig sehr dicker, glänzender Ring erschien, der sich um die Dotterkugel legte, so zeigt sie sich jetzt, wo das Ei in dem Uterus befindlich ist, als eine zarte Membran, die so dünn ist, daß sie keine doppelten Contouren mehr bemerken läßt. Durch diese allmählige Ausdehnung der Zona, welche sich während des Furchungsprocesses ausbildete, durch die Umwandlung der Furchungskugeln in Zellen und die Anlagerung dieser Zellen zu einer continuirlichen peripherischen Schicht, zu einem Hautsacke, welcher eine helle Flüssigkeit einschließt, hat das Ei in dem Uterus ein durchaus verändertes Ansehen bekommen. Es ist fast durchsichtig, von der Größe eines Stecknadelkopfes und aus zwei dünnen in einander geschachtelten Membranen zusammengesetzt, von welchen die äußere, strukturlose, die sehr verdünnte Zona darstellt, während die innere aus den zusammengebackenen Zellen besteht. Wir nennen diese innere aus Zellen zusammengesetzte Membran die Keimblase oder noch besser, um Verwechslung mit den Keimbläschen zu verhüten, die

Keimhaut, indem in dieser Zellenausbreitung die ersten Embryonalbildungen sich entwickeln.

Von Anfang an, sobald einmal die Keimhaut in der ganzen Peripherie des Eies gebildet ist, erkennt man, daß nicht alle Zellen zur Bildung derselben verwendet wurden, sondern daß an einem gewissen Orte noch Material in dunklen Zellen angehäuft ist, welches einen rundlichen unbestimmt begränzten Haufen an der inneren Wand der Keimhaut bildet. Während in den abgeplatteten Zellen der Keimhaut die dunklen Körnchen bis auf eine Ringschicht um den Kern verschwunden sind, so zeigen sich in dieser Anhäufung die Zellen noch in ihrer ursprünglichen Form als rundliche Blasen, die mit körniger Masse durchaus angefüllt sind, so daß sie noch den ursprünglichen Furchungskugeln in jeder Beziehung weit mehr gleichen, als die hellgewordenen abgeplatteten Zellen der Keimhaut. Die erwähnte Zellenanhäufung, die wir fortan den Fruchthof nennen werden, ist die Bildungsstätte des zukünftigen Embryo. Sie ist der Mittelpunkt, von welchem aus die Bildung des neuen Wesens fortschreitet, und die dort angehäuften Zellen sind das Material, aus welchem die ersten Formgestaltungen des Embryo sich aufbauen. Alle Neubildungen, welche wir in dem Folgenden beschreiben werden, und aus deren fortschreitender Aufeinanderfolge der Embryo sich zusammensetzt, beginnen zuerst im Fruchthofe, und viele sogar überschreiten denselben nie. Die sonstige, von dem Dotter übrig gebliebene Flüssigkeit, welche innerhalb der Keimblase abgelagert ist und eine gelatinöse dickliche Beschaffenheit zeigt, ist wie es scheint nur dazu bestimmt, bei dem Aufbaue des Zellenmaterials hülfreiche Hand zu leisten. Sie wird allmählig bis auf einen kleinen Rest aufgesaugt, während dem sich stets neue Zellenschichten zur Bildung der Organe in dem Fruchthofe ablagern.

Diese successive Anlagerung, dieses Wuchern der Zellenmassen, welche den Körper des Embryo zusammensetzen sollen, zeigt offenbar eine fortschreitende Ausbildung von Innen nach Außen. Die peripherischen Zellen sind stets in ihrem Ganzen

weit mehr vorangeschritten, als die nach innen gegen das Centrum des Eies gelegenen, und man kann im Durchschnitt behaupten, daß in der ganzen embryonalen Entwicklung ein Organ oder eine Zellenschicht um so weiter fortgeschritten sey, je näher nach der Peripherie zu sich dieselbe befinde. Betrachtet man diese Tendenz in Bezug auf das Ei in seinem Ganzen, so ergäbe sich daraus das Fortschreiten der bildenden Kraft von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum hin. Allein es ist wohl zu bedenken, daß überhaupt die embryonalen Bildungen ihren Mittelpunkt nicht in dem Innern des Eies, sondern an der Stelle finden, wo das Keimbläschen im unbefruchteten Eie eingebettet lag. Diese Stelle ist der Mittelpunkt, von welchem aus die embryonalen Bildungen nach allen Richtungen hin fortschreiten, sowohl gegen das Centrum des Eies hin, als auch strahlenförmig nach allen Richtungen auf der Oberfläche der Keimhautblase. Nicht mit Unrecht kann man deßhalb den Embryo einem parasitischen Wesen vergleichen, dessen Keim an einer gewissen Stelle in das Ei eingebracht wurde, und der sich nun von dieser Stelle aus nach allen Seiten hin wuchernd über das Ei ausbreitet, dasselbe in seinem kräftigen Wachsthume umschlingt und allmählig ganz in sich aufnimmt.

Die erste Bildung, welche man in der dunklen Zellenanhäufung des Fruchthofes unterscheiden kann, ist eine Spaltung desselben in zwei concentrisch übereinander liegende Zellenanhäufungen. Der Fruchthof besteht alsdann aus einer doppelten Lage von Zellen. Die äußere dieser Lagen, welche die dickere ist, geht an den Rändern unmittelbar in die polyedrischen, abgeplatteten Zellen der Keimhaut über, so daß diese letztere, die in der ganzen Peripherie des Eies aus einer einfachen Zellenlage besteht, in dem Fruchthofe gleichsam schildförmig verdickt erscheint. Die innere Lage von Zellen läßt sich anfangs nur an dem Fruchthofe unterscheiden, bald aber dehnt sie sich aus, wuchert unter der äußeren Keimhautlage fort und überzieht allmählig das ganze Ei, bis sie an dem dem Fruchthofe gegenüber liegenden Pole sich zu einer sackförmigen Blase zusammenschließt.

Die Zellen dieſer inneren Lage ſind dunkler, körniger, als die der äußern, und ihre Gränze läßt ſich ſonach ziemlich leicht unterſcheiden. Man hat Eier beobachtet, in welchen dieſe innere Zellenlage nur ein Drittel oder die Hälfte der Kugel bedeckte, während ſie an andern Eiern dieſelbe gänzlich umſchloß. Sobald dieſe Umſchließung beendigt iſt, findet ſich demnach die Keimhaut aus zwei ineinander geſchachtelten Säcken zuſammengeſetzt. Man hat dieſe Säcke unter dem Namen der Keimblätter bezeichnet, und zwar hat man das äußere Blatt das animale oder ſeröſe Blatt, das innere das vegetative oder Schleimblatt genannt. Das Ei beſteht ſonach, ſobald die Bildung dieſer beiden Blätter vollendet iſt, aus einer inneren klaren, zähen Dotterflüſſigkeit, welche von drei concentriſchen Säcken in Kugelgeſtalt eingeſchloſſen wird. Der äußerſte dieſer Säcke iſt eine ſtrukturloſe feine Membran, die übermäßig ausgedehnte Zona. Die beiden innern Säcke, die Keimblätter, ſind aus Zellenlagen gebildet, welche beide an der Stelle des Fruchthofes verdickt ſind, und dieſe beiden nur ſind es, welche an der Bildung des Embryo Antheil nehmen.

Die Entwicklungsgeſchichte des Embryo hat erſt in der neuern Zeit mit dem Anfange unſeres Jahrhunderts diejenige Anerkennung gefunden, welche ihr gebührt. Da man im Anfange die Schwierigkeiten, welche ſich der Unterſuchung des Säugethiereies entgegenſtellen, nicht gehörig zu überwinden verſtand, ſo wählte man das Ei des Vogels und namentlich des Huhns zu den Beobachtungen, weil man durch zweckmäßige Bebrütung ſich ſtets Eier in einem gewiſſen Stadium der Entwicklung verſchaffen konnte. Auch hier erkannte man die Anlage der Keimhaut und ihre Bildung aus mehreren Blättern, und da man zugleich bemerkte, daß jedes dieſer Blätter eine beſondere Gruppe von Organen des embryonalen Leibes aus ſich entwickelte, ſo ſtellte man für die einzelnen Blätter allgemeine Schemata auf und behandelte die Entwicklungsgeſchichte der Embryonen nach dieſer ſchematiſchen Grundabtheilung. Die Beobachtung, die ſeither von allen vorurtheilsfreien Forſchern beſtätigt wurde, hatte

gelehrt, daß die Keimanlage aus zwei Blättern, einem oberen und einem unteren, bestehe. Man überzeugte sich, daß der hauptsächliche Herd der ersten Blutbildung, wie wir später sehen werden, zwischen diesen beiden Blättern sich befinde, und man nahm deßhalb an, daß noch ein drittes Blatt, das Gefäßblatt, zwischen dem serösen und dem Schleimblatt sich entwickle und seinen Antheil an der Bildung des Embryo nehme. Aus dem serösen Blatte, sagte man, entwickelten sich die sämmtlichen Organe des animalen Systems, Gehirn und Rückenmark, Skelett, Muskeln und Haut; aus dem Gefäßblatte das Herz mit den Gefäßen und dem Blute; aus dem Schleimblatte endlich alle vegetativen Organe, nämlich der Darmkanal mit seinen drüsigen Anhängen, den Lungen, der Leber u. s. w.

Um das Verhältniß dieser einzelnen Blätter zu der Lagerung der Organe sich näher zu veranschaulichen, so stelle man sich einen Augenblick vor, der Körper des Menschen sey von dem Munde an bis zu der Schambeinfuge durch einen senkrechten, in der Mittellinie geführten Schnitt aufgeschlitzt, und die Höhlen der Brust und des Unterleibes auf diese Weise geöffnet worden. Man stelle sich vor, als sey so mit einem menschlichen Leichnam verfahren worden, wie man einem geschlachteten Thiere den ganzen Leib aufbricht, um die Eingeweide herauszunehmen. Zur Vervollständigung des Bildes endlich nehme man an, daß der so behandelte Leichnam mit der aufgeschnittenen Bauchfläche über eine Kugel hinübergespannt sey, welche von den aufgeschnittenen Wänden der Brust und des Bauches zum Theil umfaßt wird. In welcher Lagerung werden sich nun nach solcher Behandlung des menschlichen Körpers die einzelnen Theile zeigen?

Als äußere Theile werden sich zu erkennen geben der Rückgrat mit dem Kopfe, mit den Gliedern, mit den Muskelmassen und Knochen, welche den Stamm zusammensetzen. Gehirn und Rückenmark erscheinen als die äußersten Organe, nur überdeckt von der Haut, von den Muskeln und den Knochen, welche ihnen zur Umhüllung dienen. Unmittelbar unter dem Rückenmark nach innen gegen die Kugel zu krümmt sich die Wirbelsäule um diese

herum, und als seitliche Ausstrahlungen dieser gekrümmten Are zeigen sich die Glieder, Arme und Beine. Alle diese Organe entsprechen dem peripherischen Blatte der Keimhaut; sie entstehen aus diesem animalen oder serösen Blatte und zeigen deßhalb auch eine äußerliche Lage, sobald man eben den Leib des Erwachsenen in diejenige Lage bringt, welche der Lage des Embryo im Verhältniß zu dem Dotter entspricht. Zwischen den erwähnten Organen und der Kugel, auf welcher wir den Leib ausbreiteten, befinden sich nun die Eingeweide, welche die Höhlen der Brust und des Bauches erfüllen, nach vornhin das Herz in unmittelbarer Berührung der Kugel, und über ihm die Lungen, Luft- und Speiseröhre, weiter nach hinten hin der Darm mit seinen Drüsen, und darüber zunächst an der Wirbelsäule die Harnorgane und die innern keimbereitenden Organe des Geschlechtssystems. Alle diese Eingeweide sind zwischen den animalen Organen und der Kugel ausgebreitet. Sie bilden eine Schicht, die im Verhältniß zu den animalen Organen eine innere Schicht ist und somit dem Schleimblatte der Keimhaut entspricht. Man spaltete, den Schematismus allzuweit treibend, diese Schicht von Organen noch in zwei besondere Blätter, indem man das Herz und die Harn- und Geschlechtsorgane mit den längs der Wirbelsäule laufenden großen Gefäßstämmen dem Gefäßblatte, die übrigen Organe dem Schleimblatte zuwies.

Die Präparation und Lagerung des Körpers, welche wir bisher beschrieben, sollte jeder meiner Leser sich wohl veranschaulichen und in das Gedächtniß prägen, da sie ein Bild der embryonalen Lagerung gibt und stets die verschiedenen Verhältnisse klar machen hilft, welche bei der successiven Entwicklung der Organe auftreten. Die Kugel, über welche wir uns den Leib gespannt dachten, soll den Dotter repräsentiren. Die Embryonen aller Wirbelthiere ohne Ausnahme sind mit der Bauchfläche um den Dotter herum gekrümmt, während die Rückenfläche in Beziehung zu der Dotterkugel eine peripherische Lagerung hat. Der Embryo der Wirbelthiere wächst also mit seiner Bauchfläche um den Dotter herum, und je nach der Verschiedenheit der

Verhältniſſe wird die Dotterkugel bald ganz von den Bauchwandungen umſchloſſen, bald nur theilweiſe, und der Reſt in Form einer Blaſe von dem Organismus gleichſam abgezwackt, um als Dottersack außerhalb der Leibeswand liegen zu bleiben. Dieſe Lagerung des Embryo im Verhältniſſe zum Dotter iſt nicht dieſelbe bei allen Thieren. Bei den Inſekten z. B. krümmt ſich der Embryo mit der Rückenfläche um den Dotter, und die Bauchfläche iſt im Verhältniß zu dieſem peripheriſch gelagert.

Kehren wir nach dieſer Abſchweifung zu den Blättern der Keimhaut zurück, ſo ſehen wir, daß in der neuern Zeit allerdings die Exiſtenz zweier getrennter Keimblätter ſich vollkommen beſtätigte, während diejenige eines beſonderen getrennten Gefäßblattes ſich nicht vollkommen nachweiſen ließ. Selbſt da, wo man dieſes letztere darſtellen konnte, hatte es nur geringe Ausdehnung, beſchränkte Dauer, und erwies ſich mehr als eine von dem Schleimblatte abhängige Blutbildungsſtätte. Die ſchematiſchen Uebertreibungen, womit man dieſe getrennten Lagen organiſcher Zellen, dieſe Keimblätter, zur Bildung der Organe benutzte, ſchadeten ſelbſt der Annahme derjenigen Thatſachen, auf welchen die weit ausgeſponnenen Theorien beruhten. Man behandelte dieſe Blätter, ſtatt ihre Maſſe nach verſchiedenen Richtungen hin wachſen, hie und dort durch neue Zellenanhäufungen ſich vergrößern zu laſſen, faſt wie Tücher oder Teppiche, die man auf verſchiedene Weiſe faltete, dehnte und zerrte, um dort eine Drüſe, hier eine Röhre, an einem andern Orte eine hautartige Umhüllung hervorgehen zu laſſen. Solche Uebertreibungen ſind bei fortgeſetzten Unterſuchungen unſerer Zeit fremd geworden, und wir erkennen jetzt in den beiden Keimblättern flächenartig ausgebreitete Zellenanhäufungen, welche einerſeits die Gruppe der animalen, andrerſeits diejenige der vegetativen Organe in ſich repräſentiren. Dieſe Organe aber bilden ſich aus durch Wachsthum an beſtimmten Orten, durch Anhäufung verſchiedenartig thätiger Zellen, welche allmählig die Elementartheile ſo aus ſich herausbilden, wie es die Struktur und Geſtalt der betreffenden ſpeziellen Organe erheiſcht. Wenn wir aber dieß rege

Zellenleben in dem Fruchthofe und der Keimhaut nicht verkennen, so gehen wir damit nicht so weit, die Theilung der Keimhaut in Blätter zu läugnen; Eines schließt das Andere nicht aus und die Theilung der Keimhaut ist jetzt so evident, so unwiderleglich bewiesen, daß ein Läugnen derselben aus theoretischen Gründen eine wahre Absurdität in sich schließt.

Das Ei der Säugethiere befindet sich schon in dem Uterus, sobald die oben beschriebenen Veränderungen damit vorgehen. Es beginnt nun die Einleitung zu einer genaueren Verbindung mit der Gebärmutter selbst, und zwar in der Weise, daß sich auf der äußeren Fläche der so sehr verdünnten Zona eigenthümliche Zotten bilden, welche in die Zotten eingreifen, die an der Schleimhaut des Uterus im normalen Zustande erblickt werden. Man kann sich diese Verbindung etwa so vorstellen, daß die auf der Zona entwickelten Zotten mit denjenigen des Uterus etwa wie Sägezähne oder wie die Finger zweier ineinanderverschobener Hände ineineinandergreifen und durch klebende Substanz miteinander verbunden sind. Anfangs ist die ganze Oberfläche der Zona mit solchen Zöttchen besetzt, die aber allmählig je nach den verschiedenen Thiergattungen an verschiedenen Stellen bei der zunehmenden Ausdehnung des Eies weiter von einander rücken und verschwinden, während sie an anderen Stellen sich häufen, auswachsen und in innigere Verbindung mit dem Uterus treten. Durch die Gefäße, welche sich in ihnen entwickeln, werden diese Zotten die wahren Ernährungsorgane des Fötus. Bei dem Menschen bleiben sie nur an einer bestimmten, meist mehr oder minder elliptischen Stelle des Eies stehen, und bilden hier durch Verwachsung mit den vom Uterus ausgehenden Zotten ein festes kuchenartiges Gebilde, den Mutterkuchen, die Placenta oder Nachgeburt. Aus diesem Mutterkuchen entspringen einerseits die Blutgefäße, welche dem Embryo Nährstoffe zuführen und andererseits finden sich in diesem Gebilde die Endmaschen der Uteringefäße, aus welchen der Fötus seine Nahrung zieht. Wir werden in der Folge dieß wichtige Gebilde noch näher betrachten, machen aber aufmerksam, daß es eben aus den Zotten

entsteht, deren erste Anfänge auf der Zona überall herumzerstreut sich finden.

Der menschliche Uterus bereitet sich zum Empfange des Eies noch auf eine eigenthümliche Weise vor, welche sich in der Thierwelt nur bei den Affen, wie es scheint, wiederfindet. Es bildet sich nämlich in der innern Höhle der Gebärmutter eine eigenthümliche Haut von flockigem Aussehen, welche man unter dem Namen der hinfälligen Haut oder der Decidua bezeichnet. Diese Haut kleidet die Höhle der Gebärmutter wie ein Sack von allen Seiten aus und überzieht ebenfalls alle Oeffnungen derselben in der Art, daß das Eichen beim Eintritte nicht in die Höhle des Sackes selbst gelangen kann, sondern auf der äußern, der inneren Wand der Gebärmutter zugekehrten Fläche der hinfälligen Haut bleiben muß. Man hat vielfach über die Struktur und Anordnung dieser hinfälligen Haut gestritten, scheint aber endlich in unserer Zeit sich dahin vereinigt zu haben, daß man dieselbe für die innere Schleimhautschicht des Uterus hält, welche mit entzündlich plastischer Masse sich verbindet, die ihr eigenthümlichen Drüsen stärker entwickelt und dadurch jenes weiche netzförmige Aussehen erhält, welches der hinfälligen Haut zukommt. Die Decidua ist auf ihrer äußeren, den Uteruswänden zugekehrten Fläche stets glatt, während ihre innere Fläche zottig und rauh erscheint. Bei genauerer Untersuchung entdeckt man in ihr zahlreiche zarte Blutgefäße und längliche meist cylindrische Schläuche, die sich auf ihrer Oberfläche in die innere Höhlung öffnen. Offenbar sind diese Schläuche nichts anderes als die sehr entwickelten Drüsenschläuche, welche sich in der innern Haut des Uterus befinden, bei der nicht schwangeren Gebärmutter aber so klein und unausgebildet sind, daß sich ihre Existenz bei den meisten Thieren kaum mit Bestimmtheit nachweisen läßt.

Die Bildung der Decidua beginnt und vollendet sich in dem Uterus, auch in denjenigen abnormen Fällen, wo das befruchtete Ei nicht bis in die Höhle der Gebärmutter gelangt. Man kennt Fälle, wo das Ei nicht von dem Eileiter aufgenommen wurde,

sondern befruchtet in die Bauchhöhle fiel und dort sich entwickelte (sogenannte Bauchschwangerschaften); andere, wo das Ei im Eileiter zurückblieb und sich in diesem ausbildete, ohne bis in den Uterus vorzurücken; in allen diesen Fällen fand man dennoch eine hinfällige Haut in der Höhle des Uterus. Diese ist das Produkt des entzündlichen Zustandes, in welchen die Gebärmutter durch die Befruchtung versetzt wird; sie ist eine selbstständige Bildung des Uterus, und das Eichen findet bei seiner Ankunft in der Höhle desselben vor der Oeffnung des Eileiters die dort ausgebildete hinfällige Haut, in welche es sich gleichsam einsät, wie ein Samenkern in aufgelockertes Erdreich. Das Eichen ist bei der Ankunft in dem Uterus noch außerordentlich klein, indem es, wie wir oben sahen, kaum die Größe eines kleinen Stecknadelkopfes besitzt. Es kann also bei seinem Eintritte in den Uterus wohl schwerlich einen bedeutenden mechanischen Eindruck auf die hinfällige Haut ausüben. Diese verhält sich zu dem Eichen, das allmählig wächst und größer wird, ganz so, wie die serösen Membranen überhaupt sich zu den Organen verhalten, welche sie umhüllen. Das Eichen bei seiner Vergrößerung nämlich stülpt diejenige Partie der hinfälligen Haut, mit welcher es in Berührung kommt, vor sich hin gegen die Höhle des Uterus ein, und indem es nach und nach die ganze Höhle der Gebärmutter ausfüllt, treibt es diese umgestülpte Partie gegen die gegenüberliegende Wand der Gebärmutter zurück. Die hinfällige Haut hat also dann etwa die Anordnung einer baumwollenen Mütze, welche man vollständig in sich selbst eingestülpt hat und die in ähnlicher Weise einen Theil des Kopfes umgibt, wie die hinfällige Haut einen Theil des Eies. Es tritt indeß die Decidua in weiter keine bestimmte Beziehung zu dem Eie und dem Embryo, und wir können deßhalb dieselbe fernerhin gänzlich außer Acht lassen, so wie wir uns auch mit den verschiedenen Abtheilungen derselben, die durch die Einsaat des Eies entstehen, nicht ferner beschäftigen.

Das Ei, welches in dem Zeitraume wo die Keimhaut sich bildet, sicherlich auch beim Menschen nicht größer ist, als ein

mäßiger Stecknadelkopf, wächst in den ersten Zeiträumen seines Aufenthaltes in der Gebärmutter noch hauptsächlich durch Endosmose, durch Einsaugung der Flüssigkeit, welche in seinem Umkreise durch die entzündliche Aufregung der Geschlechtstheile ergossen ist. In den spätern Zeiten aber genügt diese Einsaugung nicht mehr, sondern es wird eine organische Verbindung eingeleitet zwischen dem Ei und der Gebärmutter mittelst der Zotten beider Organe, in welche sich später Gefäße hineinbilden. Da wir beabsichtigen, im Laufe dieses Briefes noch eine kurze Uebersicht der Entwicklung des Eies im Allgemeinen zu geben, so wird es nöthig seyn, auf die Bildung des Fruchtkuchens und die Funktion dieses Gebildes etwas näher einzugehen.

Wir sahen oben, daß die Zotten, welche auf der äußern Oberfläche des Eies sich entwickeln, zwischen diejenigen der Uterinschleimhaut eingreifen, und zwar daß sie bei dem menschlichen Eie nur an einer beschränkten Stelle diese organische Verbindung eingehen. An dieser Stelle ist also anfänglich nur die äußerere Hülle des Eies, die ursprüngliche Zona, welche man jetzt, nachdem sich die Zellen entwickelt haben, das Chorion nennt, an den Uterus befestigt, während die innerhalb des Chorions befindliche Keimhaut durchaus von aller organischen Verbindung mit dem Uterus ledig ist. Nach und nach, während der Embryo sich in später zu beschreibender Weise entwickelt, löst sich eine Schicht von Zellen in hautartiger Ausbreitung auf der ganzen Fläche der Keimhaut los, verwächst mit der Zona überall und bildet zugleich in höchst merkwürdiger Weise einen ringsgeschlossenen Sack um den Embryo. Dieser Sack, auf dessen Bildung wir später näher eingehen werden, füllt sich mit Flüssigkeit und wird das Amnios oder die Schafhaut genannt. Das äußere Blatt der Keimhaut aber, welches sich eng an die Zona anlegte und sich von der übrigen Dotterkugel entfernte, verwächst vollständig mit der Zona, so daß es mit dieser gemeinsam nur eine einzige dünne Haut darstellt, auf welcher außen die Zotten ansitzen. Bei denjenigen Säugethieren, in deren Eileiter das Ei eine Schicht von Eiweiß umgebildet erhält,

verwächst auch dieses mit der Zona, so daß demnach die Zottenhaut, welche das Chorion heißt, aus der Verwachsung des Eiweißes, der Zona und einer von der Keimhaut gelieferten Zellenschicht hervorgegangen ist. Dieser äußere Eisack, das Chorion, die Zottenhaut oder Eihaut (denn alle diese und noch mehr verschiedene Namen trägt diese Haut) ist demnach seiner Entstehung nach ein sehr complicirtes Gebilde, indem ein Theil des unsprünglichen Eies, die Zona, ein von dem mütterlichen Organismus umgebildeter Stoff, das Eiweiß und endlich eine von der Embryonalanlage herkommende Zellenschicht Antheil an seiner Zusammensetzung nehmen. Die Zotten selbst entstehen aus dem Ansatze eigenthümlicher Molekule, welche auf der äußeren Fläche des Chorions sich niederschlagen. Bei ihrer Bildung scheint die Zellenvegetation keine Rolle zu spielen.

Der Embryo bedarf zu seiner weitern Ausbildung der Zufuhr von Stoffen von der Mutter, und um diese Zufuhr zu bewerkstelligen, bildet sich aus seinem hinteren Theile eine anfänglich doppelte, dann einfache Blase hervor, welche äußerst gefäßreich ist und gegen die Stelle hin vorwächst, wo die Zotten des Chorion zwischen diejenigen der Gebärmutter sich hineingebildet haben. Diese gefäßreiche Blase, die Allantois, der Harnsack oder die Harnhaut genannt, enthält zwei Arterien, welche Blut aus dem Gefäßsysteme des Embryo erhalten. Die Nabelarterien verzweigen und verästeln sich auf der Oberfläche der Harnhaut und sammeln sich endlich wieder in eine oder zwei Nabelvenen, welche das Blut in die Hohlvene des Embryo zurückführen. Sobald der Harnsack die Zotten des Chorions erreicht hat, so legt er sich an diese an, und nun bilden sich Büschel von Haargefäßen in die einzelnen Zotten hinein. Jede Zotte bildet so gleichsam eine vielfach in sich gewundene Schlinge von Capillargefäßen, durch welche das Blut durchgeht, um aus den Nabelarterien in die Nabelvenen zu gelangen.

Während diese Gefäßschlingen von dem Embryo her sich in die Zotten des Chorions hineinbilden, hat sich auch von Seiten des Uterus das Gefäßsystem bedeutend entwickelt und in die von

der Uterinschleimhaut ausgehenden Zotten hineingebildet. Hier indeß scheint sich die Ausbildung der Gefäßkanäle in einigermaßen verschiedener Weise zu gestalten. Die Arterien der Gebärmutter verästeln sich freilich, wie gewöhnlich, in stets feinere Capillargefäße, allein diese Capillargefäße gehen nicht durch allmählige Erweiterung und Sammlung ihrer Stämmchen in größere Venenzweige über, sondern sie erweitern sich plötzlich zu ziemlich bedeutenden Stämmen, welche die Zotten des Chorion und die darin befindlichen Büschel von Capillargefäßen von allen Seiten umhüllen. Die schwammige poröse Substanz des Mutterkuchens besteht also ihrer innern Struktur nach aus den Gefäßbüscheln des Chorions, den arteriellen Gefäßbüscheln der Uterinzotten und den venösen Hohlräumen, in welche diese ihr Blut ergießen, um es sodann durch die Venen der Gebärmutter in die Blutcirculation der Mutter zurückkehren zu lassen.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß das Blut der Mutter mit demjenigen des Embryo in keinem direkten Zusammenhange steht. Die Blutbahn des Embryo ist überall geschlossen, seine Capillarien bilden in den Zotten der Placenta ebenso vollkommmen geschlossene Röhren oder Schlingen, wie in allen übrigen Organen. Nicht minder ist die Blutbahn der Mutter durchaus in sich abgeschlossen, und eine Wechselwirkung zwischen dem Blute der Mutter und demjenigen des Embryo ist demnach nur möglich mittelst endosmotischen Austausches durch die Gefäßwände beider Circulationssysteme. Es können demnach nur flüssige Stoffe aus dem Blute der Mutter in dasjenige des Embryo oder umgekehrt übergehen, und die Ernährung des Embryo kann nur auf die Weise geschehen, daß ein steter Austausch auf endosmotischem Wege stattfindet. Die Wände aller Gefäße aber, welche sich in der Placenta finden, sind außerordentlich dünn und zart, und durch die vielfache Schlängelung der embryonalen Capillarien, sowie durch die allseitige Umspülung ihrer Büschel sind alle Bedingungen zu einer äußerst raschen und vollständigen Endosmose gegeben. Wir haben in dem Briefe über die Aufsaugung gesehen, daß möglichste Vergrößerung der Oberfläche

und Verlangsamung der Strömung die Endosmose außerordentlich befördern. Beide Momente sind durch die eben beschriebenen Einrichtungen in hohem Grade erzielt. Es kann deßhalb keinem Zweifel unterliegen und ist auch durch Versuche bestätigt worden, daß die Stoffe, welche im Blute der Mutter aufgelöst sind, äußerst schnell in dasjenige des Embryo übergehen, und daß der Embryo sämmtliche zu seiner Vergrößerung und Entwicklung nöthigen Stoffe der mütterlichen Blutflüssigkeit entzieht.

Die gesammte Ernährung und Absonderung des Embryo beruht demnach auf der Blutcirculation in dem Fruchtkuchen. Der Embryo hat keine andere Vermittlung mit der Außenwelt, er kann mit der atmosphärischen Luft weder in Berührung kommen, noch Stoffe von außen aufnehmen, da er gänzlich von einem mit Flüssigkeit erfüllten Sacke, dem Amnios, umhüllt ist. Seine Ernährung geschieht in ganz analoger Weise, wie die eines jeden Körpergewebes. Wir sahen oben bei der Schilderung der einzelnen Vorgänge der Ernährung, daß sowohl die unbrauchbar gewordenen Stoffe als auch die Gasarten, welche aus der Umwandlung der organischen Substanz hervorgehen, durch die in den Capillarien stattfindenden endosmotischen Vorgänge in die Blutbahn aufgenommen, innerhalb dieser weggeführt und in den Absonderungsorganen aus derselben wiederum abfiltrirt werden. Der Harnstoff und die Kohlensäure, welche aus der Zersetzung des Muskelfleisches hervorgehen, werden durch das Blut weggeführt, und zum Ersatz dafür Sauerstoff und Proteinsubstanzen herbeigeführt. Ganz so verhält sich auch der Austausch zwischen dem Blute des Fötus und demjenigen der Mutter, welcher in der Placenta statt hat. Die durch das Wachsthum und die Ernährung der embryonalen Organe gebildeten unbrauchbaren Stoffe und Gasarten werden in aufgelöstem Zustand durch den Blutstrom der Nabelarterien in die Placenta gebracht, und dort mittelst endosmotischer Strömung gegen die im Blute der Mutter enthaltenen brauchbaren aufgelösten Stoffe und gegen den hergeführten Sauerstoff vertauscht. Wer unsere Darstellung der Ernährung der Körpersubstanzen begriffen

und gefaßt hat, der braucht an die Stelle dieser Substanzen nur eine flüssige Substanz, das Blut des Embryo zu substituiren und die Funktion der Placenta wird ihm völlig klar seyn. Der Streit, ob die Placenta ein Organ der Ernährung oder der Respiration sey, beruht demnach auf einer völligen Verkennung aller physiologischen Vorgänge. Sie ist beides, ein Organ des Austausches nämlich für alle Stoffe, welche, seyen sie nun gasförmig oder flüssig, in dem Blute des Embryo einerseits und demjenigen der Mutter anderseits aufgelöst sind.

Der Harnsack, durch welchen die Nabelgefäße zu den Zotten des Chorion geleitet werden, und der deßhalb ein äußerst wichtiges Gebilde für den Embryo ist, verliert bei den Menschen sehr bald seine blasenförmige Beschaffenheit und verwandelt sich in einen sulzigen festen Strang, welcher sich auf eine eigenthümliche Weise windet, die Nabelgefäße in sich enthält und der Nabelstrang genannt wird. Durchschneidet man den Nabelstrang eines menschlichen Embryo in die Quere, so sieht man, daß derselbe aus einer gelatinösen Substanz gebildet ist, in der man die Lumina dreier durchschnittener Gefäße, der beiden Nabelarterien und der meist einfachen Nabelvene, erblickt. Durchschneidet man aber den Nabelstrang eines Thieres, so sieht man außer diesen drei Gefäßöffnungen noch in der Mitte des Stranges einen Kanal, der nicht mit Blut, sondern mit einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt und nichts anderes als der hohle Stiel des Harnsackes ist. Bei den meisten Thieren nämlich bleibt der Harnsack während des ganzen Embryonallebens als Blase bestehen, und je nach den einzelnen Ordnungen der Säugethiere entwickelt diese Blase sich mehr oder minder bedeutend. Bei den Nagern, den Kaninchen und Hasen bildet der Harnsack eine mehr oder minder flaschenförmige Blase, welche etwa in dem verhältnißmäßigen Umfange bleibt, den der Harnsack bei dem menschlichen Embryo in der frühesten Zeit erhält. Deßhalb haben diese Thiere auch wie der Mensch eine einfache kuchenförmige Placenta, die sich an der Stelle entwickelt, wo der birnförmige Harnsack sich an das Chorion anlegt. Bei den Hunden und

Katzen wächst der Harnsack viel bedeutender aus, er wuchert an der innern Fläche des Chorion von rechts nach links herum, so daß er mit seinem Ende den Ausgangspunkt wieder erreicht und so um das spindelförmige, nach oben und unten hin zugespitzte Ei einen Gürtel bildet, in dessen Bereich die Zotten überall in den röhrenförmigen Uterus sich hineinbilden und so eine ringförmige Placenta erzeugen. Der Harnsack bildet bei diesen Thieren also schon den größten Theil des Eies. Noch weiter geht seine Entwicklung bei den Schafen, Rindern und Pferden. Hier wächst der Harnsack so bedeutend aus, daß er in kurzer Zeit nicht nur den ganzen innern Raum des Chorion erfüllt, sondern sogar baldigst an beiden Polen die Eihaut sprengt und über dieselbe hinauswächst, so daß das Ei eine halbmondförmige Gestalt hat und zwei lange gekrümmte Hörner nach oben und unten hin ausschickt. Die Zotten und Gefäßbüschel stehen dann bei diesen Thieren auf der ganzen Oberfläche des Eies herum, zerstreut und bilden nicht einen zusammenhängenden Kuchen, sondern einzelne Haufen, welche in entsprechende Stellen der Uterinfläche eingreifen und Kotyledonen genannt werden.

Die Literatur der Entwicklungsgeschichte ist angefüllt mit Streitigkeiten über die Existenz eines Harnsackes bei dem Menschen, die indeß jetzt durch sichere Beobachtungen an sehr jungen Embryonen vollständig dahin geschlichtet sind, daß man mit Bestimmtheit einen Harnsack nachgewiesen hat, welcher sich an der Stelle der Placenta anlegt, nachher aber sehr bald obliterirt und zu einem soliden Strange zusammenschrumpft. Der menschliche Embryo entbehrt deßhalb durchaus derjenigen Hülle, welche bei den Thieren von dem Harnsacke aus geliefert wird.

Eine ähnliche vorübergehende Rolle spielt in dem menschlichen Ei ein anderes blasenartiges Gebilde, welches man unter dem Namen der Nabelblase kennt. Um die Entwicklung dieses Theiles zu verstehen, muß man sich in das Gedächtniß zurückrufen, daß die Keimhaut oder Keimblase aus zwei Blättern besteht, welche die Dotterflüssigkeit einschließen, und daß das innerste dieser Blätter, das Schleimblatt, welches unmittelbar mit

der Dotterflüssigkeit in Berührung steht, zur Bildung des Darmes bestimmt ist. Man muß sich ferner erinnern, daß nur der verdickte Theil der Keimhaut, welchen wir den Fruchthof nannten, zur Bildung des embryonalen Leibes verwandt wird. Man kann daher mit vollem Rechte behaupten, daß die ursprüngliche Anlage des Darmes weiter nichts sey, als eine schildförmige Ausbreitung auf der Oberfläche der Dotterblase. Damit hieraus die Röhre des Darmes werde, muß sich diese schildförmige Ausbreitung allmählig von den Seiten her umkrempen und eine Halbrinne bilden, deren Ränder nach und nach verwachsen. Dieß geschieht auch in der That. Die zur Bildung des Darmes bestimmte Masse erhebt sich, krempt sich gegen den Dotter hin um, bildet auf diese Weise eine in der Längsachse des Körpers liegende gegen den Dotter hin offene Rinne, deren Ränder sich von vornen und hinten her gegen die Mitte hin zur Röhre zusammenschließen. Es bleibt demnach auf diese Weise ein großer Theil der Dotterflüssigkeit mit dem sie umhüllenden Schleimblatte der Keimhaut als Blase zurück, welche anfangs durch eine weite in der Längsrichtung verlaufende Spalte, später durch einen offenen Kanal mit dem Darme in Verbindung steht. Dieser Kanal mündet etwa in der Mitte des Darmes in den Dünndarm ein. Er ist anfangs sehr kurz und weit offen, allein jemehr die Bauchwände des Embryos sich in der Mittellinie schließen, desto mehr verlängert sich der Stiel der Nabelblase, der mit den Nabelgefäßen und dem Stiele des Harnsackes aus dem Körper des Embryo durch die Nabelöffnung hervortritt, um gegen die Peripherie des Eies hin sich bläschenförmig zu erweitern. Bei manchen Thieren, wie z. B. den Kaninchen, bleibt dieser Gang der Nabelblase sehr lange offen, und die Blase selbst zeigt während des ganzen Lebens des Embryo eine ziemlich bedeutende Größe und ist durch ihre Gefäße für die Ernährung des Fötus wichtig. Bei dem Menschen zieht sich der Stiel der Blase sehr lang aus, schließt sich aber sehr bald und verschwindet gänzlich in dem Nabelstrange, ebenso wie die Nabelblase selbst, ohne daß in den meisten Fällen eine Spur davon zurückbleibt. Wenn

ich daher oben sagte, daß der Nabelstrang außer den Gefäßen auch noch den solid gewordenen Stiel des Harnsackes enthalte, so hatte ich damit seine Zusammensetzung noch nicht vollständig bezeichnet, indem er außerdem noch den verschrumpften Stiel der Nabelblase in sich schließt. Wollten wir den Nabelstrang in Gedanken so wiederherstellen, wie er seyn müßte, wenn diese verschiedenen Gebilde nicht zusammengeschrumpft und geschlossen wären, so müßten wir in ihm außer den drei Gefäßen auch noch zwei hohle Kanäle finden, deren einer dem Harnsacke, der andere der Nabelblase angehörte.

Der Embryo des Menschen entbehrt demnach mehrere Hüllen, aus bläschenartigen Gebilden hervorgegangen, welche bei den Thieren sich finden, und besitzt dagegen eine von dem Uterus aus gelieferte äußere Hülle, die früher erwähnte hinfällige Haut, welche den meisten Thieren fehlt. Untersucht man die Bildung des Eies in dem Leichname einer Schwangeren, die schon in vorgerücktem Zeitpunkte der Schwangerschaft gestorben ist, so findet man den Embryo von folgenden Hüllen eingeschlossen. Zunächst längs der Wände des Uterus findet man die zusammengedrückte, theilweise selbst durch Aufsaugung wieder vernichtete hinfällige Haut, die an dem Ansatzpunkte der Placenta unterbrochen ist. Auf diese nach innen hin folgt das Chorion, welches in die Placenta selbst übergeht und innerhalb dieser nicht isolirt werden kann. Unmittelbar an dem Chorion und von diesem kaum durch eine geringe Schicht eiweißartigen Stoffes getrennt, liegt eine dritte Hülle, die Schafhaut oder das Amnios, welche eine bedeutende Masse von Flüssigkeit, das Schafwasser oder Fruchtwasser enthält. Dieses letztere ist wesentlich seiner Zusammensetzung nach eine Auflösung von Eiweiß und Kochsalz in Wasser, die im Beginne der Schwangerschaft concentrirter ist als in späteren Zeiten. In dieser Flüssigkeit schwimmt der Embryo ganz frei, einzig aufgehängt mit der Bauchfläche an dem Nabelstrange, der von dem Nabel aus nach dem Fruchtkuchen sich hinzieht. Die äußere Haut des Embryo setzt sich an dem Nabel in verdünntem Zustande auf dem Nabelstrange fort

und bildet so für diesen eine häutige Scheide, die an der inneren Oberfläche des Fruchtkuchens unmittelbar in das Amnios übergeht. Dieses bildet demnach einen vollkommen geschlossenen Sack um den Embryo, der ringsum von der Flüssigkeit des Schafwassers umspült wird. Bei der Geburt wird der Sack der Schafhaut zersprengt und durch den Riß des Chorion und des Amnios tritt der Embryo heraus.

Die Bildung und Entstehung der Schafhaut läßt sich kaum ohne Beihülfe schematischer Figuren anschaulich machen und gehört überhaupt zu den schwierigsten Punkten in der Entwicklungsgeschichte. Erst die neuesten Untersuchungen an Embryonen aus frühester Zeit haben diese Entstehungsgeschichte unwiderleglich aufgeklärt und bewiesen, daß der vollkommen geschlossene Sack der Schafhaut durch eine merkwürdige Faltung des peripherischen, serösen Blattes der Keimhaut entstanden sey. Man erinnert sich, daß dieses Blatt im Anfange überall unmittelbar der innern Fläche des Chorion anlag. Es verwächst nun mit dieser innern Fläche des Chorion überall an der ganzen Peripherie des Eies, ausgenommen an derjenigen Stelle, wo sich der Fruchthof, also der werdende Embryo befindet. Während sich nun der Embryo entwickelt, entfernt er sich von dem Chorion und zieht dadurch eine Falte des serösen Blattes nach sich, die sich mehr und mehr ausbildet. Wir haben gesehen, daß die außerperipherische Fläche des Fruchthofes der Rückenfläche des Embryo entspricht. Der werdende Embryo liegt also mit seiner Rückenfläche anfänglich hart der innern Fläche des Chorion an. Je mehr er sich aber von derselben entfernt, desto größer wird die Falte, die von dem serösen Blatte der Keimhaut gebildet wird. Der Embryo ist sonach in dieser Falte gleichsam aufgehängt wie ein Gegenstand, den man flach auf einem Tuche trägt. Nach und nach, je mehr sich der Embryo von dem Chorion entfernt, bildet sich auch die flache Falte zu einem vollständigen Sacke aus, und der Embryo hängt nun darin, wie in einem Tuch, das man oben zusammengefaßt hat, und dessen Zipfel man ringsum an das Chorion angewachsen denken muß. Der so gebildete Beutel, welcher anfangs in der Rückengegend noch gegen das Chorion

hin offen ist, schließt sich allmählig vollständig durch Verwachsung seiner Ränder und bildet auf diese Weise den geschlossenen Sack der Schafhaut. Diese liegt anfangs dem Embryo überall ziemlich enge an, vergrößert sich aber schnell, indem sie sich mit Flüssigkeit füllt, und stellt so allmählig den weiten Sack her, in dessen Flüssigkeit der Embryo schwimmt.

Es hält außerordentlich schwer, sich diese Bildungsweise der Schafhaut zu veranschaulichen, es mag indeß noch auf folgende Weise gelingen: Man stelle sich vor, die äußere Haut des Erwachsenen, statt an dem Nabel geschlossen zu seyn, gehe von hier aus in eine gewaltig große Blase über, die an dem Nabel befestigt wäre. Legt man nun den menschlichen Körper mit seiner Bauchfläche auf diese Blase, die hinlänglich groß seyn muß, um den Körper nach allen Seiten hin zu überragen, so wird die Blase ringsum an ihrem Rande eine Falte bilden, an welcher die dem Körper zugekehrte Hälfte der Blase in die peripherische Fläche übergeht. Man denke sich nun, daß diese Blase groß genug sey, um auf dem Rücken über den Kopf und die Beine hinüber zusammengefaßt werden zu können. Näht man nun die so zusammengefaßte Blase über dem Rücken zusammen, so wird der Mensch in einem doppelten Sacke eingeschlossen seyn, dessen Zusammenheftungsstelle der Mitte des Rückens entspricht. Der äußere dieser Säcke entspricht dem äußeren Blatte der Keimhaut. Man schneide diesen äußeren Sack weg (die Natur entfernt ihn durch Verwachsung mit dem Chorion) und es wird der innere Sack, die Schafhaut übrigbleiben. Man kann die eben beschriebenen Verhältnisse plastisch ausführen, indem man eine zugebundene Schweinsblase nimmt, den Körper des Embryo durch irgend einen festen Gegenstand, etwa ein Kreuzerbrödchen, versinnlicht und nun verfährt, wie wir oben angaben. Es gibt kein besseres Mittel, um sich den Vorgang in der Natur, wie es durch Beobachtungen nachgewiesen ist, anschaulich zu machen, wie es denn überhaupt zum richtigen Verständniß der Entwicklungsgeschichte stets solcher plastischer Versuche bedarf, die weit mehr begreiflich machen, als die besten Figuren thun können.

Zweiundzwanzigster Brief.

Der Embryo, seine Uranlagen und sein Nervensystem.

Wir verließen das Ei in dem Momente, wo an einem bestimmten Punkte desselben sich der länglich runde Fruchthof oder Embryonalfleck gebildet hat. Die Zusammensetzung dieses Embryonalfleckes aus gehäuften Zellen, welche in zwei Blätter getheilt werden können, ein äußeres, das seröse Blatt, und ein inneres, das Schleimblatt, wurde ebenfalls schon besprochen. Die erste Anlage des Embryo zeigt sich nun mitten in diesem Fruchthofe in Gestalt eines länglich eiförmigen erhabenen Schildchens, in welchem die Zellenmasse mehr zusammengedrängt ist, als in der Umgebung, weßhalb es dunkler erscheint. Bei der Bildung dieses Schildchens ist einzig und allein das seröse Blatt der Keimhaut interessirt; das vegetative Schleimblatt nimmt an seiner Bildung durchaus nicht den mindesten Antheil. An demjenigen Ende, welches die nachfolgende Entwicklung des Embryo's als das vordere erkennen läßt, ist dieses Schildchen breiter als nach hinten zu; seine Umgränzung ist nicht sehr scharf, sondern verliert sich in der umgebenden Zellenmasse des Fruchthofes. Offenbar beruht die Erhebung dieses Schildchens nur auf der stärkeren Wucherung und Vermehrung der Zellenmassen, welche das seröse Blatt des Fruchthofes zusammensetzen und zur Bildung der Embryonalanlage sich um eine Längsaxe zu gruppiren beginnen.

Kaum hat sich dieses Schildchen deutlicher erhoben und abgegränzt, so zeigt sich in seiner mittleren Längsaxe ein heller

durchsichtiger schmaler Streifen, welcher vorn und hinten in geringer Entfernung von dem Rande des Schildchens aufhört und sich als eine seichte Rinne zu erkennen gibt, die nur dadurch heller erscheint, daß das Zellenmaterial zu beiden Seiten in dem Schildchen stärker angehäuft ist, als in der Rinne selbst. Während nun diese Primitivrinne sich allmählig tiefer eingräbt, genauer nach oben und unten begränzt und ihre Ränder zugleich sich wulstförmig erheben, zieht sich das Schildchen von allen Seiten her gegen die Rinne stärker zusammen, wird zusehends länglicher und schnürt sich in der Mitte etwas ein, während zugleich seine beiden Enden breiter erscheinen. Das Schildchen zeigt sich so bald nach dem ersten Erscheinen der Primitivrinne in Gestalt einer länglichen Erhabenheit, welche in dem Durchmesser des fast kreisförmigen Fruchthofes liegt, die Form eines Biscuit oder einer Schuhsohle hat, und auf ihrer obern Fläche durch einen Riß bis in eine gewisse Tiefe gespalten ist. Diese Spalte, die Primitivrinne oder Rückenfurche, ist an ihren beiden Enden etwas breiter als in der Mitte, so daß sie durchaus die Gestalt des biscuitförmigen Schildchens nachahmt. Wir können das Schildchen nun schon mit dem Namen des Embryo bezeichnen, dessen Körper es in der That entspricht, und können somit feststellen, daß die erste Anlage des Embryo des Menschen, sowie aller Wirbelthiere ohne Ausnahme aus einer länglichen Erhabenheit in Biscuitform besteht, auf deren Rückenfläche in der Längsaxe eine Rinne eingegraben ist, welche aufgewulstete Ränder besitzt. Kein anderer Embryo aus dem Reiche der wirbellosen Thiere zeigt diese ursprüngliche Gestalt, während alle Wirbelthier-Embryonen bei ihrem ersten Auftreten durchaus auf ähnliche Weise gebildet sind, und dadurch bethätigen, daß sie Alle einem und demselben Organisationsplane angehören.

Sobald die Primitivrinne einmal angelegt ist, so erweitert sie sich besonders an ihrem vorderen Ende und bildet hier mehrere seitliche Ausstackungen, deren man ursprünglich drei zählt. Auch in dem hinteren Theile erweitert sich die Rinne ein wenig, so daß sie hier eine lanzettförmige Gestalt erhält. Sobald die

vorderen Ausbuchtungen und die hintere lanzettförmige Erweiterung der Rinne sich ausgebildet haben, so bildet sich auch auf dem Boden und längs den Rändern der Rinne eine dünne, zarte Schicht glashelle Substanz, welche durch ihre Durchsichtigkeit auffallend von der dunkleren Masse der wulstigen Ränder absticht. Diese helle Substanz, welche, wie gesagt, nur in dünner Schicht die Rinne auskleidet, ist die Uranlage des centralen Nervensystems. Es ist also das Central-Nervensystem, das Gehirn und Rückenmark, welches sich zuerst auf dem Boden einer auf der Rückenfläche offenen Rinne differenzirt. Die Wülste, welche diese Rinne umgeben, entsprechen den noch ungeschiedenen Hüllen des Central-Nervensystems, den Knochen, Muskeln und übrigen Gebilden, welche den ganzen Körper mit Ausschluß der Eingeweide zusammensetzen. Das Central-Nervensystem ist demnach das erste unter allen Organen des Körpers, welches sich in bestimmter Form darstellt, und es gibt sich sonach als das wichtigste primärste Organ des Wirbelthieres überhaupt zu erkennen. Ehe wir seine weitere Entwicklung genauer verfolgen, wird es geeignet seyn, überhaupt einige Bemerkungen über die Art und Weise, wie die einzelnen Organe des Leibes sich bilden, hier einzustreuen.

Wir haben gesehen, daß der Fruchthof ursprünglich nur eine einzige Zellenanhäufung darbot, die sich später in zwei Blätter spaltete, ein äußeres für die animalen, ein inneres für die vegetativen Organe. Wir sahen ferner, daß das erste dieser Blätter anfangs eine homogene Zellenmasse darstellte, welche, in bestimmten Richtungen fortwuchernd, die Formanlage einer Rinne bildete, und daß in dieser Rinne nun die erste Anlage eines differenten Organes, des Central-Nervensystemes sich entwickelte, die sich durch eine eigenthümliche Structur ihrer Bildungsmasse von den Zellen in der Umgebung unterschied, welche noch ihre durchaus homogene Zusammensetzung beibehielten. Was an dem Nervensysteme geschieht, zeigt sich überall bei dem Entstehen der ersten Anlagen anderer Organe. Es erscheinen stets zuerst ganz allgemeine Gesammtanlagen für ganze Gruppen von

Organen, welche sich aus der indifferenten Bildungsmasse hervorbilden, und diese Gesammtanlagen theilen sich wieder durch Differenzirung ihrer Elemente in die Anlagen der einzelnen Organe. Die Entwicklung des Embryo schreitet demnach nicht in der Art fort, daß ein bestimmtes Organ zuerst sich ausbildete, dann ein anderes, dann ein drittes u. s. w.; daß also ein einzelnes Organ gleichsam den Mittelpunkt darstellte, um welchen dann die andern Organe nach und nach sich gruppirten und so den Organismus vervollständigten. Es werden im Gegentheile allgemeine, ganze Organgruppen zusammenfassende Uranlagen gebildet, und diese nach und nach stets mehr und mehr gesondert und in einzelne Organe zerlegt. Das Ei bildet gleichsam den aufgelösten Embryo; — man kann es vergleichen mit einer Auflösung verschiedenartiger Salze, die man durch Krystallisation zu trennen sucht. Wenn auch die Auflösbarkeit dieser einzelnen Salze verschieden ist, so weiß doch der Chemiker gar wohl, daß namentlich diejenigen, welche sich in diesem Punkte näher stehen, vereinigt sich ausscheiden; daß ein Salz das andere mit zu Boden reißt. Erst durch wiederholtes Umkrystallisiren und Reinigen kann man diese Gruppen gemeinschaftlich niedergefallener Substanzen in die einzelnen Salze trennen, welche sie Anfangs zusammen enthielten. Ganz so verhält sich auch die embryonale Entwicklung. Sie bildet erst Gruppen von Organen in unbestimmter Form, welche durch keinen Unterschied ihrer elementaren Bestandtheile sich in einzelne heterogene Organe trennen lassen. Nach und nach tritt dieser Unterschied in den elementaren Zellen auf. Sie bilden sich aus je nach der eigenthümlichen Natur des Organes, welchem sie angehören sollen, und mit dieser Ausbildung der Elementarbestandtheile geht auch diejenige der äußeren Form Hand in Hand, bis endlich das ganze Organ nach äußerer Form und innerer Struktur so ausgebildet ist, wie wir es in dem Erwachsenen antreffen.

Es ist deßhalb thöricht und zeigt von einer gänzlichen Unkenntniß der Gesetze der Entwicklung, wenn man über die Bedeutung der Gesammtanlagen, welche in dem Embryo auftreten,

ſich abquält und dieſelben einem oder dem andern beſtimmten Organe vindiciren will. Man hat endloſe Streitigkeiten geführt über die Bedeutung der Primitivrinne, welche ſich zuerſt in der Uranlage des Embryos zeigt. Die Einen behaupteten, dieſe hohle mit Flüſſigkeit gefüllte Rinne ſey die Uranlage des Nervenſyſtems und die Wülſte, welche ſie begränzen, entſprächen den Hüllen des centralen Nervenſyſtems; — die Andern glaubten, die Wülſte entſprächen der centralen Nervenſubſtanz ſelbſt und ſtellten deren Uranlagen dar. Keines von beiden iſt richtig. So lange noch die dünne Schicht von Nervenſubſtanz ſich nicht auf den Boden der Rinne differenzirt hat, entſprechen eben die homogenen Wülſte mit dem Schildchen, in welches ſie nach den Seiten hin ohne beſtimmte Demarkationslinie übergehen, allen Organen des animalen Syſtemes ohne Ausnahme, und ſo wie zuerſt die Nervenſubſtanz aus dieſer Geſammtanlage ſich ausſcheidet, ſo differenziren ſich ſpäter aus derſelben die Knochen, die Muskeln, die äußere Haut u. ſ. w.

Betrachten wir nun die Entwicklung des Central-Nervenſyſtemes im Zuſammenhange, ſo iſt es vor allen Dingen nöthig, uns wohl die Geſtalt deſſelben bei ſeinem erſten Auftreten in das Gedächtniß zurückzurufen. Es bildet eine dünne homogene Schicht, die den Boden einer an der Rückenfläche offenen Rinne auskleidet, an deren vorderem Ende drei ſeitliche Ausbuchtungen zu bemerken ſind, während hinten eine lanzenförmige Erweiterung ſich zeigt. Derjenige Theil des Central-Nervenſyſtemes, welcher, wenn man ſich den Menſchen auf dem Bauche liegend denkt, dem Boden des Wirbel- und Schädelrohres anliegt, zeigt ſich demnach zuerſt in der Anlage. Dieſer Theil aber iſt, wie wir früher ſahen, der Hirnſtamm, der bewegende und empfindende Theil des Central-Nervenſyſtemes, von welchem die peripheriſchen Nerven entſpringen. Der Hirnſtamm zeigt ſich alſo in ſeiner erſten Anlage vor allen andern Organen des Körpers, namentlich vor den Nerven, die noch nirgends in der umgebenden Maſſe des Körpers differenzirt ſind. Dieſe beſteht noch durchaus aus vollkommen homogenen Zellen, in welchen die genaueſte Beob-

achtung keinen Unterschied zu erkennen vermag. Die Ausbuchtungen, welche man an dem Kopfende der Rinne bemerkt, und die ebenfalls ihrem Boden entlang mit einer solchen dünnen Schicht von Nervensubstanz ausgekleidet sind, entsprechen den spätern Hauptabtheilungen des Gehirns, der mittlere engere Theil der Rinne, dem Rückenmark, und seine hintere Erweiterung einer eigenthümlichen Spaltung des Rückenmarkes in der Lendengegend, die bald verschwindet, bei manchen Thieren aber, z. B. den Vögeln, sich bleibend erhält und auch zuweilen bei neugebornen Kindern abnorm entwickelt in Form eines wasserhaltigen Sackes an der angegebenen Stelle sich findet.

Die erste Tendenz der Bildung in dem Central-Nervensysteme geht dahin, die Rinne zuzuwölben und zu einer Röhre zu schließen, welche ringsum von Nervensubstanz ausgekleidet ist. Man beobachtet, wie zu diesem Endzwecke die Wülste, welche die Rinne und ihre Ausbuchtungen begränzen, sich erheben und allmählig gleich den Bogentheilen eines Tunnels, den man zuwölbt, von beiden Seiten nach der Mittellinie hin gegen einander streben. Die Wülste bestehen dann noch gänzlich aus gleichartigen Zellen und in gleichem Maße, wie dieses Mauerwerk von Zellen sich überwölbt und in der Mittellinie schließt, wölben sich auch im Innern die Ränder der Nervensubstanz einander entgegen und schließen sich an den meisten Stellen ebenfalls in der Mittellinie zusammen. Während dieses Vorganges verschwindet schon die hintere linsenförmige Ausweitung der Rinne so ziemlich. Dagegen erhalten sich die vordern Kopfausbuchtungen, und verwandeln sich durch die Ueberwölbung in Blasen. Nur an einer einzigen Stelle, nämlich in dem Nacken, da wo wir bei dem Erwachsenen das verlängerte Mark sehen, wölbt sich die Nervensubstanz nicht zu einer Röhre zusammen, sondern behält hier die ursprüngliche Gestalt einer Hohlkehle, die nach oben offen ist. Die Wülste, welche sich später in die Hüllen und Bedeckungen des centralen Nervensystemes verwandeln, wölben sich indeß auch an dieser Stelle zu einem vollständigen förmlichen Schlusse, so daß die weitere Ausbildung des

Central-Nervensystemes in einem durchaus geschlossenen Rohre statthat, welches vornen drei primitive Gehirnblasen erkennen läßt.

Das vorderste Ende der Primitivrinne erscheint bei dem ersten Auftreten der seitlichen Ausbuchtungen leicht nach innen eingedrückt, so daß die vorderste Hirnblase gleichsam die Gestalt eines Kartenherzes hat, dessen eingeschnittene Seite nach vorn, die Spitze nach hinten schaut, während die beiden Flügel seitlich sich ausdehnen. Diese vordere Ausbuchtung bleibt aber nicht lange; sie verstreicht sich, wölbt sich allmählig im Bogen nach vorn hervor und bildet bald eine hervorspringende Ecke, welche sich von den seitlichen Flügeln der Blase mehr und mehr abschnürt. Je weiter diese Abschnürung vorschreitet, desto mehr bildet sich auch diese vorspringende Ecke aus. Sie wird allmählig zu einer blasenförmigen Vorragung, die sich endlich in der Mittellinie mehr und mehr einschneidet und so zwei seitliche Hälften darstellt, welche mit großer Schnelligkeit sich bedeutend ausdehnen und zwei vordere Blasen bilden, die übermäßig wachsen und über die andern Hirnblasen hinüberwuchern. Diese beiden vordern Blasen bilden das Vorderhirn, sie entwickeln sich zu den Hemisphären des großen Gehirns. Das Vorderhirn ist demnach in den primitiven Ausbuchtungen der Rinne in den drei primitiven Hirnblasen gar nicht enthalten, sondern es entwickelt sich erst nach der Anlage derselben aus dem anfänglich eingedrückten vorderen Ende der Nervenröhre, welches zwischen den beiden seitlichen Flügeln der vordersten Hirnblase hervorsproßt.

Dieses vordere Paar seitlicher Flügel mit dem sie verbindenden Mittelstücke, die erste primitive Gehirnblase, nennen wir das Zwischenhirn oder Sehhirn, weil aus ihm die Augen hervorsprossen. Je mehr nämlich die Bildung der Nervensubstanz fortschreitet, desto mehr schnüren die seitlichen Flügel oder Ausbuchtungen dieser Blase, indem sie zugleich seitlich sich ausdehnen, von dem Mittelstücke sich ab und stellen sich bald als zwei runde Säcke dar, deren jeder durch eine kurze

weite Röhre mit dem Mittelstücke in Verbindung steht. Diese beiden seitlichen gestielten Säcke sind die Rudimente der Augen, die man oft die Augenbuchten nennt, und der hohle Stiel, welcher jede dieser Augenbuchten mit dem Mittelstücke verbindet, ist der ursprüngliche Sehnerv. Die mittlere Blase, in welcher diese Sehnerven münden, wölbt sich zu einem unpaaren anfänglich röhrenartigen Theile zusammen, in welchem sich später die Sehhügel entwickeln. Die zweite primitive Hirnblase erfährt nie eine solche Ausbildung, wie die erste, sondern bleibt stets auf einer mäßigen Stufe der Entwicklung stehen. Indem sie sich in der Mittellinie zusammenwölbt und an der Vereinigungsstelle bedeutend einsenkt, entstehen die Vierhügel, deren wir schon früher bei der Behandlung der Funktionen des Nervensystemes gedachten.

Die dritte primitive Hirnblase endlich kann füglich in zwei Theile getheilt werden. In dem vordern Theile, der Hinterhirn- oder Kleinhirnblase wölbt sich die Nervensubstanz vollständig zusammen und läßt so das kleine Gehirn entstehen, während in der Nachhirnblase die Nervensubstanz nur auf dem Boden wuchert, sich aber nicht zu Gewölbtheilen erhebt.

Ehe ich auf die Ausbildung der einzelnen Theile des Gehirnes näher eingehe, muß ich hier auf einen Unterschied aufmerksam machen, der zwischen der hier angegebenen Darstellung und derjenigen statt hat, welche in den meisten Handbüchern und Monographien sich findet. Man betrachtet nämlich dort die drei primitiven Hirnblasen als die Repräsentanten des Vorderhirns, des Mittelhirns und des Nachhirns und behauptet demnach, daß sich die erste dieser primitiven Hirnblasen in die Hemisphären des großen Gehirns umbilde, während die zweite Hirnblase sich der Quere nach theile, und ihre vordere Hälfte die Sehhügel, ihre hintere die vier Hügel bilde. Auch ich huldigte früher dieser Ansicht, mußte aber bei fortgesetztem Nachforschen erkennen, daß sie eine falsche sey. Es hält nicht schwer, sich von der Richtigkeit der hier gegebenen Darstellung durch eine einfache Schlußfolgerung und Vergleichung der von andern gelieferten That-

sachen und Abbildungen zu überzeugen. Alle genauern Beobachter nämlich stimmen darin überein, daß das vordere Paar seitlicher Ausbuchtungen in seiner weitern Entwicklung die Rudimente der Augen bilde, und daß diese Rudimente durch hohle Stiele noch lange mit dem Hirnraume, aus welchem sie entstanden, zusammenhängen. Dieß sind Tatsachen, von welchen sich jeder durch Untersuchung junger kaum angelegter Embryonen leicht überzeugen kann. Eben so leicht ist es aber auch bei etwas ältern Embryonen nachzuweisen, daß die noch hohlen Sehnerven nicht in die blasenförmigen Hemisphären des großen Gehirnes, sondern vielmehr in den dahintergelegenen Theil, die Sehhügelblase, einmünden. Wenn man also nicht annehmen will, daß die Augenrudimente Anfangs von der Hemisphärenblase sich abgeschnürt hätten, daß aber dann ihre Stiele von vorn nach hinten in die zweite Hirnblase gewandert seyen; wenn man dieß nicht annehmen will, so wird man sich genöthigt sehen, mehr Aufmerksamkeit dem unpaaren Theile zu schenken, welcher zwischen dem ersten Paar primitiver Hirnblasen sich hervorwulstet, und wird dann in diesem anfänglich nach innen eingebuchteten Theil die Bildungsstätte der Großhirnhemisphären erkennen. Zwar mag es auf den ersten Blick auffallend erscheinen, daß ein so bedeutender Theil, der seiner Masse nach den größten Theil des ganzen Gehirnes ausmacht, in der Uranlage nur in äußerst unbedeutender Weise repräsentirt sey. Wenn man aber bedenkt, daß gerade die Hemisphären des großen Gehirnes bei den niedern Wirbelthieren, den Fischen, nur höchst unbedeutend entwickelt sind, aber rasch an Größe bei den höhern Thieren zunehmen, so klärt sich diese anscheinend abnorme Erscheinung in durchaus befriedigender Weise auf.

Bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen bilden sich während der Entwicklung des Gehirns zwei äußerst merkwürdige Einwirkungen aus, die bei den niedern Wirbelthieren nur schwach angedeutet sind. Beim Beginne seiner Entwicklung krümmt sich nämlich der Embryo gleichmäßig im Bogen um die Kugel des Eis herum, und es bedarf nur der Ablösung von

demſelben, um ihn völlig horizontal und platt auf ſeine Bauchſeite ausbreiten zu können. Sobald aber die primitiven Hirnblaſen ausgebildet ſind, ändert ſich dieſes Verhältniß. Der Embryo beugt ſich mit ſeinem Kopfe, deſſen Unterfläche von der Peripherie des Eies ſich losgelöst hat, nach innen gegen dasſelbe ein und knickt den vordern Theil des Kopfes gegen die Bruſt hin nieder. Dieſe Einknickung findet ſich an der Stelle der Gränze zwiſchen dem Mittelhirne und dem Nachhirne, und iſt ſo bedeutend, daß ſie mehr als einen rechten Winkel beträgt. Die Baſis des Nachhirnes und diejenige des Mittelhirnes, welche uranfänglich in gleicher Ebene lagen, ſind, ſobald die Kopfbeugung den höchſten Grad erreicht hat, nur durch einen ſchmalen Sporn von Zwiſchenſubſtanz von einander getrennt. Man hat dieſe Einknickung die Kopfbeuge genannt; ihr entſpricht an der Außenfläche eine höckerartige Vorragung; das Mittelhirn behauptet gerade die Spitze dieſes Kopfhöckers.

Eine zweite Beugung, die zwar nicht ſo ſcharf iſt, als die vorige, aber dennoch faſt einen rechten Winkel beträgt, zeigt ſich bei dem Uebergange des Rückenmarkes in das Nachhirn. Auch dieſe Beugung, die man unter dem Namen der Nackenbeuge und des Nackenhöckers kennt, iſt den höhern Wirbelthieren eigenthümlich, indem ſie bei den niedern nur angedeutet iſt. Sobald die Kopfbeuge und die Nackenbeuge ſich vollſtändig entwickelt haben, ſo kann man den vordern Theil des Embryos in ſeiner Geſtalt ſich nicht beſſer verſinnlichen, als wenn man den Finger, den Zeigefinger z. B., ſo ſtark wie möglich, in ſeinen zwei vordern Gliedern beugt. Die Beugefläche des Fingers entſpricht dann der Bauchfläche des Embryo. Das erſte Gelenk der Kopfbeuge, das zweite Gelenk der Nackenbeuge und das Handglied des Fingers dem Leibe des Embryo.

Dieſe beiden Einknickungen ſind nicht etwa vorübergehender Art, ſo daß ſich der Embryo leicht auf einer horizontalen Unterlage gerade legen ließe. Sie ſind vielmehr auf tiefwurzelnden organiſchen Verhältniſſen begründet, und zwar hauptſächlich auf der Ausbildung der feſteren Theile des Skeletts, über welche

die Hirntheile hinauswuchern. Durch die Exiſtenz dieſer beiden Einknickungen, welche das Studium der an der Bauchfläche des Halſes gelegenen Theile ſehr erſchweren, theilen ſich die Embryonen der Wirbelthiere in zwei große Abtheilungen. In der einen dieſer Abtheilungen, zu welcher die Säugethiere, die Vögel und die beſchuppten Reptilien gehören, ſieht man eine ſtarke Kopf- und Nackenbeuge; man findet bei dieſen Embryonen die Entwicklung eines Amnios zur Umhüllung des Embryo, und ferner diejenige einer Allantois oder eines Harnſackes zur Ausbildung ernährender Gefäße für den Fötus. In der zweiten großen Abtheilung, derjenigen der niedern Wirbelthiere, bei den Fiſchen und nackten Amphibien, ſind Kopf- und Nackenbeuge nur ſehr unbedeutend entwickelt und kaum angedeutet, zugleich fehlt die von dem Embryo ausgebildete Hülle oder Schafhaut und nicht minder der Harnſack vollkommen. Wie leicht einzuſehen, iſt durch dieſe Unterſchiede ein ſehr verſchiedener Plan der embryonalen Entwicklung angedeutet, und es rechtfertigt ſich dadurch vollkommen die Anſicht derjenigen Naturforſcher, welche in dem Wirbelthierreiche nicht vier, ſondern fünf Klaſſen annehmen, und die beſchuppten Reptilien oder die Schildkröten, Schlangen und Eidechſen von den nackten Amphibien, den Fröſchen und Molchen trennen. Es iſt hier nicht der Ort, weiter auf die Verhältniſſe einzugehen, die äußerſt intereſſant ſind, ſowohl für die Entwicklung des Embryo im Allgemeinen, als auch in Beziehung auf die Schlüſſe, welche man daraus für die Zoologie entnehmen kann.

Verfolgen wir noch kurz die Enwicklung der einzelnen Hirntheile, ſo iſt vor Allem darauf aufmerkſam zu machen, daß die Anlage und Ausbildung der feſteren Nervenſubſtanz hauptſächlich von dem Boden und den Seitentheilen her geſchieht, und ſo die urſprünglich ungemein großen Höhlen der verſchiedenen Gehirnblaſen nach und nach ausgefüllt, und auf dasjenige geringe Verhältniß reducirt werden, welches ſie in dem Erwachſenen behaupten. Es erſcheinen demzufolge die feſten Theile der Gehirnſubſtanz anfänglich nur in Geſtalt äußerſt dünner blättchenartiger Schichten, welche den Boden, die Wände und die Decken

der Hirnblasen überkleiden, und deren große Weichheit und Zartheit der Untersuchung viele Hindernisse entgegenstellen. Diese werden im Anfange einigermaßen aufgewogen durch die glashelle Durchsichtigkeit, welche die Nervensubstanz sowohl, als auch die sie umgebenden noch indifferenten Zellenmassen besitzen. Später aber, wenn theils die Hüllen des Schädels und die Wirbelsäule undurchsichtiger und dunkler geworden sind, theils auch die Nervensubstanz sich selbst in größerer Masse angehäuft und dadurch ihre Durchsichtigkeit verloren hat, später, sage ich, ist diese Zartheit der Substanz, ihr Zerfließen gleichsam unter ihrem eigenen Drucke ein wesentliches Hinderniß der Untersuchung. Wir kennen deßhalb auch weit besser die Bildungen des Gehirns in den ersten Zeiten als wir nachher von der Ausbildung dieser ersten Anlagen uns Rechenschaft zu geben wissen.

Die Hemisphären des großen Gehirns bilden sich, wie schon bemerkt, aus der vordern unpaaren Endigung des primitiven Nervenrohrs, die nach und nach zu einer blasenartigen Erhebung anschwillt. Die Entwicklung der Nervensubstanz schreitet anfänglich hauptsächlich nach hintenhin fort und bewirkt dadurch die zunehmende Sonderung dieses Theiles von den Augenbuchten, die anfänglich nur unvollständig abgetrennt sind. Während nun die Gewölbtheile in der Mitte zusammenwachsen, bildet sich hier eine Einsenkung, wodurch die ursprünglich einfache Hemisphärenblase in zwei Hälften zerlegt wird, die anfänglich noch durch eine gemeinschaftliche Höhle mit einander verbunden sind. Die Wucherung der Nervenmasse ist nun namentlich in den Hemisphären äußerst bedeutend. Diese dehnen sich immer mehr nach hinten aus, wuchern über das Zwischenhirn, dann über das Mittelhirn seitlich weg und überdecken diese beiden Hirnblasen so, daß sie endlich mit an dem Hinterhirn anstoßen. Anfänglich findet diese Ueberwölbung der mittleren Hirntheile durch die Hemisphären nur mehr seitlich statt, so daß man bei der Ansicht des Gehirnes von oben das Mittelhirn noch in der Mittellinie erblicken kann, während später bekanntlich dieses nicht mehr der Fall ist. Der vordere Theil des Mittelhirnes,

die Sehhügel werden bei dem menschlichen Embryo gegen das Ende des dritten Monates, der hintere Theil oder die vier Hügel, etwa in dem fünften Monate überwölbt, und gegen das Ende des siebenten Monats überragen die Hemisphären schon das kleine Gehirn eben so vollständig wie im Erwachsenen. Eine Folge dieser außerordentlich raschen Entwicklung der Gewölbtheile der Hemisphären ist die Kräuselung ihrer Oberfläche und die Zusammenfaltung derselben, so daß jene Windungen der Oberfläche entstehen, die um so mehr an Zahl und Tiefe abnehmen, je weiter wir in die Reihe der Säugethiere zurückgehen. Die Windungen bilden sich erst gegen das Ende der Schwangerschaft vollständig aus und sind offenbar theilweise dadurch bedingt, daß das Gehirn stärker wächst als die es einschließende Kapsel des Schädels. Während diese Wucherung der Gewölbtheile stattfindet, vermehrt sich auch die Nervenmasse auf dem Boden an den Seiten und an der gewölbten Decke der Hemisphärenhöhle mit großer Schnelligkeit. Die Falte, welche beide Hemisphären von einander trennte, senkt sich immer tiefer hinab, und bildet endlich eine Scheidewand, wodurch die ursprünglich einfache Hirnhöhle in zwei seitliche Höhlen getrennt wird. Auf dem Boden dieser seitlichen Höhlen erheben sich nun zwei ursprünglich bohnenförmige Anschwemmungen, die Rudimente der gestreiften Körper oder der Streifenhügel, und der Raum, welcher zwischen dieser und der Hemisphärendecke übrig bleibt, wird endlich so verringert, daß die Nervensubstanz sich fast durchaus berührt, und die Hirnhöhlen im normalen Zustande bei dem Erwachsenen kaum einen Theelöffel voll Flüssigkeit enthalten können. Es geht somit aus der Entwicklungsgeschichte der Hemisphären hervor, daß die Streifenhügel wesentlich zum Hirnstamme der Hemisphären gehören, daß sie eine Wucherung, eine specielle Entwicklung des Bodens der Hemisphärenblase bilden, und daß sie niemals außerhalb dieser Hemisphärenblase gesucht oder gefunden werden können.

Die Entwicklung des Mittelhirns ist in jeder Beziehung weit einfacher, als diejenige des Vorderhirns, und namentlich

ist die Ausbildung der Gewölbtheile hier durch die Wucherung der Hemisphären bedeutend beschränkt. Betrachtet man den Hergang der Entwicklung des Zwischenhirns genauer, so zeigt es sich, daß dasselbe gar nicht gewölbartig sich schließt, sondern daß nur der Hirnstamm an dieser Stelle stärker wuchernd vom Boden aus den Raum ausfüllt, welchen ihm die Hemisphären übrig lassen. Die ursprüngliche Höhle bleibt deßhalb in Form einer Spalte bestehen, in welche man offen von oben hineinschauen würde, wenn nicht die Hemisphären dieselben überwölbten. Zu beiden Seiten dieser Spalte liegen die Sehhügel, welche sich demnach als wesentliche Theile des Hirnstammes zu erkennen geben.

Complicirter Art sind die Bildungen, welche außer den Sehhügeln auf dem Boden, oder vielmehr an der Unterfläche des Zwischenhirnes sich entwickeln und dort den Hirntrichter mit dem Hirnanhange ausbilden. Der Hirntrichter selbst ist eine Aussackung dieses Bodens der Zwischenhirnhöhle, welche unmittelbar vor dem Ende der Are des knöchernen Skelettes, der Wirbelsaite oder Chorda, sich gegen die Mundhöhle hinabsenkt. Man muß hier bedenken, daß bei jüngeren Embryonen, wo diese Aussackung des Hirntrichters sich bildet, die Nasenhöhle mit ihren hintern Gängen noch nicht gebildet ist, und daß demnach das Dach der Mundhöhle zugleich den Boden bildet, auf welchem die Basis des Gehirnes aufruht. Man denke sich den knöchernen Gaumen weggebrochen, dadurch die Mund- und Nasenhöhle in eine einzige geräumige Höhle verwandelt, und man wird etwa eine Anschauung dieser Verhältnisse haben. Indem nun der Boden des Zwischenhirnes sich ein wenig nach unten einsenkt, kommt ihm eine Aussackung des Daches der Mundhöhle entgegen, die sich mehr und mehr erhebt, und so endlich einen Beutel bildet, dessen Grund nach oben, gegen das Gehirn schaut, während von unten her, von der Mundhöhle aus, ein offenes Loch in die Höhle dieses Beutels führt. Dieses Loch schließt sich allmählig; der Beutel schnürt sich ab, verwächst mit der trichterförmigen Aussackung, welche ihm von dem Gehirne aus entgegenkam,

und bildet so den Hirnanhang, welchen man bei dem Erwachsenen an der Basis des Gehirnes unmittelbar hinter der Kreuzung der Sehnerven sieht. Der Hirnanhang ist demnach kein ursprünglicher Theil des Gehirns, sondern eine Produktion des Daches der Mundhöhle, welche sich von diesem ablöst, und mit der ihm entgegenkommenden Basis des Hirntrichters verwächst.

Außerordentlich einfach sind die Umwandlungen, welche das eigentliche Mittelhirn, oder die Vierhügelblase erfährt. Der Ansatz der Nervensubstanz geschieht fast gleichmäßig von allen Seiten, so daß die ursprüngliche Höhle in einen feinen Kanal umgewandelt wird, welcher in der Mittellinie zwischen den vier Hügeln sich hinzieht, die eigentlich nur eine einzige, durch eine oberflächliche, kreuzförmige Einsenkung geschiedene Masse bilden.

In der Zelle des Hinterhirns bleibt die Ueberwölbung der nur durch Hüllensubstanz geschlossenen Röhre anfangs lange zurück, bis endlich an dem vorderen Theile die Nervenmasse von den Seiten und von oben her sich zusammenwölbt, und so eine Lamelle darstellt, welche senkrecht auf dem Hirnstamme aufsitzt und von der Seite gesehen, wie ein gerader Pfeiler aussieht. Dieser Pfeiler, die erste Anlage des kleinen Gehirnes, wächst nun zuerst hauptsächlich nach hinten hin aus und zwar nur in seiner obern Partie, so daß er von der Seite gesehen, wie ein dicker, kurzer, gekrümmter Haken erscheint. Allmählig legt sich nun dieser Haken bei stetem Fortwachsen über die auf dem Boden der Nachhirnblase angesammelte Nervenmasse herüber, die sich nie zuwölbt, und bedeckt diese etwa in ähnlicher Art, wie die Hemisphären des großen Gehirnes das Mittelhirn bedecken. Während auf diese Weise das kleine Gehirn in seinem mittleren Theile sich ausbildet und auch nach den Seiten hin auswuchert, um seine Hemisphären zu bilden, wächst auch zugleich die Nervensubstanz in dem Stamme des Hinterhirnes und des Nachhirnes und bildet dort jene verschiedenen Stränge, grauen Knoten und quere Fasermassen, welche die Anatomen unter dem Namen der Brücke, der Oliven und der Pyramiden kennen.

Die Ausbildung des Rückenmarkes in seiner ganzen Länge ist äußerst einfach. Die ursprüngliche Nervensubstanz zeigt hier die Gestalt einer dünnen Hohlkehle, die von dem Boden aus nach den Seiten wuchert, sich allmählig mehr und mehr verdickt, endlich sich zuwölbt, und zuletzt, nachdem die innere Höhlung sich fast vollständig geschlossen hat, auch oben längs der Mittellinie zusammenwächst. In Folge dieser Schließung bleibt noch am längsten in der Mitte des Rückenmarks ein feiner Axenkanal übrig, der indessen auch noch vor der Geburt des Embryo mit Nervensubstanz erfüllt wird.

Die peripherischen Nerven entwickeln sich in den Organen überall nach dem oben angeführten Gesetze der allmähligen Differenzirung der Gewebe. Im Beginne der Entwicklung ist der ganze Leib des Embryo, wie wir schon öfters erwähnten, aus durchaus gleichartig gestalteten Zellen aufgebaut, welche nach und nach je nach der ihnen zukommenden Bestimmung sich in die verschiedenen Gewebe umwandeln. Die einen dieser Zellen bilden die Fasern des Muskelfleisches, jene die Primitivröhren der Nerven, diese die Blutgefäße und die Blutkügelchen, welche in diesen Gefäßen rinnen. Es ist somit ein Streit, welchen man in der letzten Zeit, namentlich in Frankreich über die Entstehung der Nerven anregte, durchaus thöricht und unbegründet. Ein Mann nämlich, welchen man nicht sowohl einen Naturforscher, als vielmehr einen Phantasten nennen muß, der über die von andern Forschern gelieferten Thatsachen träumt, behauptete, die Nerven wüchsen von der Peripherie gegen das Centrum hin, sie entstünden in den äußersten Enden der Organe und bohrten sich von diesen aus gleichsam gegen das Centralnervensystem hin, mit welchem sie am Ende zusammenstießen. Einen Beweis hiefür sollte der Umstand liefern, daß man Embryonen finde, welche kein Gehirn und Rückenmark besitzen, obgleich in ihren Organen sich Nerven nachweisen lassen. Daß dieß gar kein Beweis sey, liegt auf der Hand. Denn so gut der Entwicklungstypus eines Embryo die Differenzirung eines gewissen Organes hervorruft, eben so gut muß er auch in diesem Organe die Differenzirung der einzelnen

Elementartheile und damit auch der Nerven bedingen. Zu einem jeden Organe gehört eine gewisse Summe von Systemen elementarer Gewebe; ein Muskel besteht nicht nur aus Muskelfasern, sondern auch aus Zellgewebe, Blutgefäßen, Nervenröhren, die erst in ihrer Vereinigung einen Muskel ausmachen. Alle diese einzelnen Gewebe entstehen auf dem Platze aus den indifferenten Zellen, welche die Uranlage des Organes bildeten. Die Anlage der Nerven entwickelt sich also überall durch Differenzirung der Elementartheile. Diese Anlagen der peripherischen Nerven sind aber überall, wie die noch nicht veröffentlichten Beobachtungen eines meiner Freunde lehren, nur faseriger Natur, und lassen im Anfange die charakteristischen Primitivröhren der Nerven nicht erkennen. Diese bilden sich in der vorgezeichneten faserigen Anlage nach und nach aus und zwar in der That von dem Centrum aus nach der Peripherie hin. Ich habe mich selbst durch die Gefälligkeit meines Freundes überzeugt, daß die Primitivröhren sich erst in dem Stamme, dann in den Zweigen, zuletzt in den Endschlingen zeigen, daß sie anfangs abgerundet gegen die Peripherie hin endigen, und daß somit die Theorie jenes Forschers auch durch die spezielle Thatsache widerlegt wird.

Dreiundzwanzigster Brief.

Die Sinnesorgane.

Die Entwicklung der drei hauptsächlichsten Sinnesorgane des Kopfes, des Auges, des Ohres und der Nase steht in bestimmten Beziehungen zu derjenigen des Gehirnes, und es zeigt sich hier eine gewisse Abstufung in diesen Beziehungen, welche gewiß nicht ohne Bedeutung für den Werth dieser einzelnen Organe ist. Die Uranlage des Auges ist ursprünglich ein Theil des Gehirnes selbst und die äußeren Theile, welche das Auge zusammensetzen helfen, treten erst später zu dieser Uranlage hinzu. Das Ohr zeigt sich bald nach dem Auge; — seine Uranlage ist im Anfange isolirt und tritt erst in späterer Zeit, wenn gleich noch immer ziemlich früh, mit dem Centralnervensysteme in Verbindung. Die Nase endlich entwickelt sich erst viel später, als die beiden andern Sinnesorgane und tritt auch nur sehr spät durch die Riechnerven in Verbindung mit dem Gehirne.

Was nun zuerst das Auge betrifft, so haben wir gesehen, daß die Uranlagen der beiden Augen in den seitlichen Ausbuchtungen der ersten primitiven Hirnblase der Zwischenhirnblase gegeben sind. Die Beobachtung bestätigt sonach keineswegs die Annahme, welche man aufgestellt hat, daß die Augen aus einem einzigen unpaaren Rudimente entstünden, welche sich bei fortschreitender Entwicklung in zwei Hälften trenne, deren jede sich zu einem Auge entwickle. Man glaubte durch diese Annahme jene Mißgeburten erklären zu können, welche man unter dem

Namen der Cyclopen bezeichnet, und wo ſtatt zwei ſeitlicher, nur ein einziges mittleres Auge exiſtirt. Es kann indeß keinem Zweifel unterliegen, daß dieſe Anſicht eine falſche iſt, da die Beobachtungen unwiderleglich darthun, daß die zwei urſprünglichen Rudimente der Augen ſeitlich in Form blaſenförmiger Ausbuchtungen auftreten.

Die ſeitliche Blaſe, welche das Urrudiment des Auges darſtellt, überwölbt ſich von allen Seiten her ſchon früh mit Nervenſubſtanz und hat nun die Geſtalt einer hohlen Birne, deren Stiel in das Zwiſchengehirn einmündet. Die Blaſe ſelbſt iſt mit Flüſſigkeit gefüllt, welche mit derjenigen in der Hirnhöhle durch den hohlen Stiel communicirt. Da dieſe Flüſſigkeit durchaus waſſerklar, die Nervenſubſtanz aber ebenfalls ſehr durchſichtig iſt, ſo erblickt man in dieſem frühen Entwicklungsſtadium die Augen bei der Seitenlage des Embryo als zwei ſehr helle Doppelringe, deren Mitte wie ein rundes Loch erſcheint. Die birnförmigen Blaſen drängen nun bei fortſchreitender Entwicklung, zumal da die Hemiſphären ſich zwiſchen ihnen wölben, mehr und mehr nach außen hin. Ihr hohler Stiel, der zukünftige Sehnerv, verlängert ſich mehr und mehr, und ſo kommt es denn, daß wir bei den jungen Embryonen die Augen ganz ſeitlich an dem Kopfe, etwa wie bei einem Rinde geſtellt ſehen. Die Augen beſitzen zugleich ſchon bei ihrem erſten Auftreten eine verhältnißmäßig ungeheure Größe, ſo daß ſchon mancher Anfänger in der Entwicklungsgeſchichte ſie bei den erſten Embryonen, welche ihm unter die Hand fielen, verkannt haben mag.

Die hohle Blaſe, welche das urſprüngliche Augenrudiment bildet, entſpricht keineswegs dem ganzen Auge, ſondern einzig nur der Nervenſubſtanz deſſelben, nämlich der Netzhaut und dem Sehnerven. Die Augenblaſen ſind in Folge ihres Hervordrängens nach außen an der Peripherie nur von einer dünnen Schicht embryonaler Subſtanz überzogen, während an dem Grunde einer jeden Blaſe, zwiſchen ihr und dem Gehirne, in der Umgebung des hohlen Sehnervens eine größere Maſſe von Bildungsmaterial angehäuft iſt. Man kann alſo füglich behaupten, daß

bald nach dem ersten Auftreten der Augenblasen dieselben hart an der äußeren Haut anliegen, welche darüber continuirlich weggeht, und daß zu dieser Zeit keine andern Augentheile existiren, als die blasenförmige Netzhaut, die unmittelbar an der äußeren Haut anliegt.

Das nächste Organ, welches sich nun bildet, ist die Linse mit ihrer Kapsel. In der Mitte der zarten Zellenhaut nämlich, welche die Augenblase als Fortsetzung der äußeren Haut überzieht, gewahrt man schon sehr früh eine tellerförmige Grube, deren Grund sich stets mehr und mehr nach innen hin vertieft. Bald stellt diese Grube einen Beutel dar, in welchen von außen her eine Oeffnung führt, die, anfangs weit, sich stets mehr und mehr verengert und endlich sich ganz verschließt, so daß dann der ursprüngliche Beutel in Gestalt eines kugelförmigen Säckchens, das rundum abgeschlossen ist, an der Innenfläche der äußeren Haut zurückbleibt. Dieses Säckchen, das in seinem ganzen Umfange aus ebenso abgeplatteten polyedrischen Zellen besteht, wie die äußere Haut selbst, ist nichts anders als die Kapsel der Linse. Diese Kapsel füllt sich im Innern mit Zellen, aus welchen dann später die eigenthümlichen Linsenfasern sich entwickeln. Die Linsenkapsel ist demnach nichts anders, als eine sackförmige Umstülpung der äußeren Haut, welche dem von dem Nervensysteme ausgehenden Augenrudimente etwa in ähnlicher Weise entgegenkommt, wie die oben beschriebene Einstülpung des Munddaches, welche den Hirnanhang bilden soll, der dem von der zweiten Hirnhöhle aus sich entwickelnden Hirntrichter entgegenwächst. In Folge dieser eigenthümlichen Entstehungsweise des Linsensystemes, die jetzt in übereinstimmender Weise durch mehrere Beobachter bei dem Hühnchen, den Fischen und den Sepien aufgefunden wurde, zeigt sich die Linse mit ihrer Kapsel auch stets bei jungen Embryonen hart an der Innenfläche der äußeren Haut anliegend. Erst in späterer Zeit trennt sie sich von dieser Verbindung mit der äußeren Haut, und drängt mehr gegen den Grund des Auges hin, bis sie diejenige Stelle etwa in der Mitte des Augapfels erreicht, welche sie in dem Erwachsenen einnimmt.

Man hatte in früheren Zeiten, als man noch die Bildung sämmtlicher Organe aus Faltungen der verschiedenen Keimhautblätter zu erklären suchte, vielfach von Einstülpungen und Ausstülpungen dieser Blätter gesprochen, ohne indeß diese Vorgänge durch genaue Beobachtungen belegen zu können. Die neueren Nachforschungen haben nun gelehrt, daß sowohl bei der Linse, als bei dem Hirnanhang Vorgänge dieser Art unzweifelhaft existiren, obgleich man auch hier nicht jene grobmechanischen Ansichten von Faltungen, Aus- und Einstülpungen beibehalten darf, welche man nur zu leicht mit diesen Ausdrücken verbindet. Wenn man die allmählige Ausbildung des Linsensackes, seine Vertiefung nach innen, seine allmählige Abschnürung beobachtet, so kann man sich allerdings nicht leicht der Vorstellung erwehren, als drücke eine unsichtbare Macht gleichsam nach und nach von außen mit einem Stäbchen die äußere Haut in das Augenrudiment hinein und treibe jene beutelförmige Ausbuchtung vor sich her. Offenbar ist indeß diese Einstülpung das Resultat eines allmähligen Wachsens nach innen, ganz so, wie auch die Ausstülpungen, von welchen wir bei der Entwicklung des Darmkanales reden werden, ebenfalls durch Auswachsen und späteres Auseinanderweichen der die Zellenmassen bildenden Organe gebildet werden.

Verfolgen wir nun die Bildung des Auges weiter, so sehen wir, unmittelbar nachdem die Linsenkapsel sich in ihrer sackförmigen Gestalt herangebildet hat, an der hinteren Fläche dieses Beutels eine Ansammlung wasserheller, formloser Substanz entstehen, welche Anfangs nur in sehr geringer Quantität vorhanden ist und die hintere Fläche der runden Linsenkapsel umfaßt, etwa wie das Becherchen die hintere Fläche einer Eichel. Diese durchsichtige Substanz, welche während ihrer Entwicklung stets röthlich aussieht, und von vielen Blutgefäßen durchzogen ist, ist das erste Rudiment des Glaskörpers, dessen Masse stets mehr und mehr zunimmt und bald diejenige der Linse an Größe übertrifft.

Durch die Wucherung des Glaskörpers, sowie durch das

Drängen der Linſe nach innen wird die vordere Fläche der Netzhautblaſe mehr und mehr nach innen gegen ihre hintere Fläche zurückgedrängt. So kann man dann bald zwei Blätter der Netzhaut unterſcheiden, ein vorderes eingebogenes, das den Glaskörper in ſeine Einbiegung aufnimmt und ein hinteres, das mit dem Sehnerven im Zuſammenhang ſteht. Je mehr die Zurückdrängung zunimmt, deſto mehr nähern ſich auch dieſe beiden Blätter der Netzhautblaſe einander, während die ſie trennende Höhle und die in derſelben enthaltene Flüſſigkeit allmählig ganz und gar verſchwindet. Aus der urſprünglichen Blaſe wird auf dieſe Weiſe durch das Zurückdrängen der vorderen Fläche eine Haut in Geſtalt eines Spitzglaſes erzeugt, deſſen Fuß dem Sehnerven, der Becher der Netzhaut entſpräche, eine Form, welche in der That diejenige der Netzhaut in dem ausgebildeten Auge iſt.

Die Entwicklung der hauptſächlichen ſtrahlenbrechenden Gebilde des Auges geht demnach durch die Einſtülpung der Linſe von außen nach innen, und iſt in ſich ſehr weſentlich verſchieden, indem dieß Linſenſyſtem urſprünglich ein Entwicklungsprodukt der äußeren Haut iſt, während der Glaskörper von ſeinem erſten Erſcheinen an durchaus ſelbſtſtändig auftritt. Ganz unabhängig von allen dieſen Gebilden entwickelt ſich nun die Aderhaut oder Choroidea, welche durch ihr ſchwarzes Pigment ſchon von früher Zeit an ſehr kenntlich iſt. Wir bemerkten oben, daß um den Sehnerven herum eine größere Menge von Bildungsmaterial angehäuft ſey, und daß dieß namentlich an der obern Fläche des Sehnervenrohrs zwiſchen ihm und dem Gehirne in größerer Menge ſich finde, während nach unten hin der Sehnerv faſt unmittelbar auf dem Dache der Mundhöhle aufliegt. Die Bildung der Aderhaut geſchieht nun in der Weiſe, daß an dem Punkte, wo der Sehnerv zur Netzhautblaſe anſchwillt, ſich eine Anfangs durchſichtige Schicht zu differenziren beginnt, welche in ihrem Wachsthume allmählig nach vorn und oben fortſchreitet und die Netzhautblaſe überzieht, während ſie zugleich durch Ablagerung ſchwarzen Pigmentes nach und nach ſich dunkel färbt. Man kann ſich dieß Wachsthum nicht beſſer anſchaulich machen,

als wenn man die eine geöffnete Hand allmählig von oben und hinten her über eine Kugel wegschiebt und dieselbe zu umfassen strebt. Ganz in ähnlicher Weise wächst auch die Aderhaut von hinten und oben her allmählig über die Netzhautblase weg und strebt dann diese auch nach unten hin zu umfassen. Unter dem Einflusse dieses Wachsthums plattet sich das ursprünglich runde Sehnervenrohr seitlich ab und geht dann in die Augenblase in der Form eines platten Bandes über, dessen Eintrittsstelle an der untern und innern Seite des Auges sich befindet. Verlängert man diese streifenartige Eintrittsstelle der Sehnerven nach vornen hin, so erhält man eine Linie, die an der untern und innern Seite des Augapfels verläuft. In dieser Linie geschieht die Vereinigung der um die Augenblase herumwachsenden Aderhaut. Die Narbe dieser Vereinigung bleibt noch längere Zeit dadurch sichtbar, daß sich kein schwarzes Pigment in derselben ablagert, und so sich dieselbe auf der schwarzen Aderhaut als weißer Streifen abzeichnet.

Man kann sich von diesem allmähligen Herumwachsen der Aderhaut um die Netzhautblase leicht überzeugen, wenn man hinlänglich junge Embryonen untersucht. Man sieht dann bei der seitlichen Ansicht des Embryo oftmals die Aderhaut nur in Gestalt eines stark gekrümmten Halbmondes, welcher die obere Hälfte der Augenblase umfaßt. Die beiden äußersten Spitzen dieses Halbmondes krümmen sich mehr und mehr nach unten und umfassen bald die Augenblase ganz, indem sie sich unten und innen Anfangs nur in einem Punkte berühren und in der Mitte ein birnförmiges Loch zwischen sich lassen, das ursprüngliche Sehloch, das nach und nach durch Vergrößerung der Berührungsstelle aus der birnförmigen Gestalt in eine vollkommen runde übergeht.

Bei dem Anwachsen nach vorn hat sich die Aderhaut unmittelbar an die innere Wand der äußeren Haut angelegt und sich somit zwischen diese und die verhältnißmäßig noch sehr große Linsenkapsel eingeschoben. Untersucht man daher das Auge eines Embryo aus der Periode, wo die Aderhaut eben ihre Umwachsung

vollendet hat, so findet man keine vordere Augenkammer, wie bei dem Erwachsenen, keine Iris in Gestalt eines beweglichen senkrechten Vorhanges, sondern man sieht, daß die weit ausgeschnittene Aderhaut unmittelbar an der äußeren Augenhaut anliegt, daß die Linse mit der innern Fläche der äußern Augenhaut in Berührung ist und in ihrer Peripherie von dem ausgeschnittenen Rande des in der Choroidea ausgeschnittenen Sehloches berührt wird. Es beginnt nun die genauere Differenzirung der Hornhaut und der Sklerotika als äußere Hüllen des Augapfels, die im Anfange von der umgebenden Bildungsmasse nicht gehörig getrennt werden konnten und bei ihrem ersten Auftreten einander sehr ähnlich sehen, weil die Sklerotika anfangs ganz durchsichtig ist wie die Hornhaut, und erst später ihre eigenthümlichen Fasern sich ausbilden.

Die letzte Bildung des innern Augapfels bezieht sich auf das Zurückweichen der Linse nach dem Grunde des Auges hin und die damit verbundene Entwicklung der vordern Augenkammer, der Iris und der Häute, welche bei dem Embryo die Pupille verschließen und mit der Kapselwand in Verbindung setzen. Der freie Vorhang der Iris entsteht offenbar auf die Weise, daß der vordere Rand der Choroidea, nachdem die Spalte geschlossen ist, sich theilweise von seiner Berührung mit der Hornhaut ablöst, weiter nach innen vorwächst, und auf diese Weise ringartig die Pupille verengert. Wir haben gesehen, daß bei der ursprünglichen Lagerung der Theile die Linse an der innern Hornhautfläche selbst anhing und von der Pupille eng umschlossen wurde. Es möchte fast scheinen, als hänge die Ablösung der Linse von der Hornhaut damit zusammen, daß die Choroidea sich vorn an der Innenfläche der Hornhaut zu einem vollständigen Sacke schließt, der anfangs der Hornhautfläche anliegt, dann in seinem vordern Theile zurückweicht, und während dieses Zurückweichens ringartig Pigment in dem Umkreise des Sehloches ablagert. So viel ist wenigstens Thatsache, daß sobald die Iris gebildet ist, ihre mittlere Oeffnung die Pupille mittelst einer durchsichtigen aber gefäßreichen Haut verschlossen

ist, die sich bis gegen die Geburt hin erhält und erst zu dieser Zeit allmählig durch Aufsaugung verschwindet. Diese Haut, welche den Namen der Pupillarmembran trägt, ist eigentlich nur der vordere Theil eines Sackes, der nach innen durch das Sehloch hindurch auf die Linsenkapsel sich fortsetzt und diese gänzlich umhüllt. Dieser gefäßreiche Sack, den man den Kapsel-Pupillarsack genannt hat, der heftig bestritten wurde, dessen Existenz aber jetzt mit der evidentesten Gewißheit dargethan ist, bildet sich ebenfalls allmählig gegen die Geburt hin zurück und verliert sich vollständig. Da er die Linse gänzlich umhüllt und nach vorn hin zu der Pupille gehend an dem Rande derselben sich befestigt, so scheint seine Entstehung mit dem Zurückweichen der Linse in gewisser Beziehung zu stehen, die noch nicht näher ermittelt ist.

Ueberblicken wir die Entstehungsgeschichte des Augapfels noch einmal im Ganzen, so sehen wir, daß die verschiedenen Theile desselben in durchaus verschiedener Weise sich ausbilden, und daß fünf verschiedene Organanlagen sich mit einander combiniren, um die so verwickelte Bildung des Augapfels herzustellen. Die Netzhaut, mit dem Sehnerven, der Glaskörper, die Linse mit ihrer Kapsel, die Aderhaut mit der Iris, die Hornhaut mit der Sklerotika, entstehen alle gesondert für sich und in unabhängiger Weise von einander.

Bis zu dem Anfange des dritten Monates etwa liegen die Augen noch ganz frei an der äußern Fläche des Kopfes, und die äußere Haut geht glatt über sie weg. Die Augenlieder beginnen dann sich in Form zweier schmaler Hautfalten zu zeigen, die sich schnell vergrößern, über die vordere Fläche des Augapfels hinüber einander entgegen wachsen, schon gegen Ende des dritten Monates den Augapfel ganz bedecken und sogar in der Augenliedspalte mit einander verwachsen. Bei dem menschlichen Embryo löst sich diese Verwachsung schon ziemlich lange vor der Geburt. Bei vielen Thieren hingegen, wie z. B. den Fleischfressern, kommen die Jungen mit geschlossenen Augen zur Welt und öffnen sie erst einige Tage nach der Geburt.

Das Ohr und zwar das innere Ohr oder das Labyrinth zeigt sich in seiner ersten Anlage auf jeder Seite des Nackens als ein vollkommen rundes, wasserhelles Bläschen, das eine dicke Wandung hat, welche unter dem Mikroskop sich als Ring darstellt. Jedes Bläschen ist vollkommen kugelig und durchaus abgeschlossen von der Nachhirnzelle, zu deren Seiten es liegt. Man glaubte früher, das ursprüngliche Ohrbläschen verdanke seine Entstehung einer ähnlichen Wucherung, wie diejenige, welche dem Rudimente der Augen das Daseyn gibt. Neuere Untersuchungen haben indessen nachgewiesen, daß das Bläschen von Anfang an durchaus isolirt sey und erst später durch einen hohlen Stiel, den Gehörnerven, mit dem Nachhirne in Verbindung trete. Da der Kopf bei dem Embryo verhältnißmäßig ungeheuer groß ist und sich erst später durch Verkürzung seiner Basis zusammenschiebt, so scheint das Ohrsäckchen anfangs ungemein weit von der Augenblase entfernt. Es begegnet jungen Embryologen sehr häufig, die Kopfbeuge, welche sich doch erst in der Mitte des Kopfes befindet, für dessen Ende zu halten, und sich dann zu wundern, daß die beiden primitiven Ohrbläschen so weit hinten am Halse liegen, während sie in der That unmittelbar neben dem Anfange des Nachhirnraumes fast senkrecht über dem vordern Ende des Herzens sich befinden; eine Lagerung, die sich durch die starke Ueberbeugung des Kopfes gegen die Brust hin erklärt.

Das Ohrbläschen wächst, nachdem es sich durch den erwähnten Stiel des Hörnerven mit dem Gehirne in Verbindung gesetzt hat, sehr rasch nach allen Seiten hin aus und verwandelt allmählig seine kugelige Gestalt in diejenige einer dreiseitigen Pyramide, deren Spitze nach oben gekehrt ist. Bei der Seitenlage des Embryo erscheint demnach jetzt das Ohrbläschen in der Gestalt eines Dreiecks, das beinahe gleiche Seiten besitzt. Um dieses Dreieck herum lagert sich nun eine bedeutende Menge von Bildungsmaterial, welches sehr bald in zelligen Knorpel übergeht, so daß nun das ganze Rudiment des Ohres von einer knorpligen Kapsel umhüllt ist, welche die weiteren Vorgänge im

Innern ziemlich verbirgt. Es scheint, daß diese Knorpelmasse von allen Seiten her in die Pyramide des Ohrbläschens hineinwuchert und die Ränder derselben abschneidet, so daß nun die drei Bogengänge oder halbzirkelförmigen Kanäle aus den Seiten der Pyramide hervorgehen, während die Basis der Pyramide als Säckchen überbleibt und den Vorhof des Labyrinthes bildet. Dieß scheint mir wenigstens nach Beobachtungen an äußerst durchsichtigen Fischembryonen der wesentliche Bildungshergang der halbzirkelförmigen Kanäle, und es steht mit dieser Ansicht die Bildung der Kanäle selbst in Einklang, welche im Anfang kurz, verhältnißmäßig sehr weit, nur sehr wenig gebogen und durch geringe Zwischensubstanz von einander getrennt sind. Mit der Zunahme dieser knorpligen Zwischensubstanz entwickelt sich die Biegung der Kanäle immer mehr, während die Kanäle selbst zugleich dünner und schlanker werden. Nur die Einmündungsstellen der Kanäle in den Vorhof bleiben in ihrer ursprünglichen Weite und sacken sich sogar aus, um die Ampullen zu bilden. Auf dieser Stufe der Bildung bleibt bei den meisten Fischen das Ohr Zeitlebens stehen, indem es bei diesen Thieren nur aus den halbzirkelförmigen Kanälen, dem Vorhofe und einem unteren Kalksacke besteht, der größtentheils dem Hörnerven zur Ausbreitung dient. Dieses ganze Ohr bleibt stets in den Knochen und Knorpeln des Kopfes verborgen und erhält nie äußere Theile. Bei den höhern Thieren bildet sich an dem ursprünglichen Ohrlabyrinthe zuerst noch die stumpfe Kapsel der Schnecke, welche bei fortdauerndem Wachsthum sich spiralig einrollt und so diejenige Gestalt gewinnt, welche sie bei dem erwachsenen Thiere besitzt.

Das mittlere und äußere Ohr, welche der Zuleitung der Schallstrahlen bestimmt sind, entwickeln sich ganz abgesondert von dem innern Ohr und den ursprünglichen Kiemenbogen und Kiemenspalten des Embryos. Wir werden später sehen, daß der Embryo der höhere Thiere in der That bei der ersten Entwicklung des Gesichtes und des Halses dort-förmliche Kiemenspalten besitzt, welche durch bogenartig gekrümmte Fortsätze, die

Kiemenbogen, von einander getrennt sind. Der vorderste dieser Kiemenbogen wird großentheils zum Unterkiefer, und das obere Ende der Spalte, welche ihn von dem zweiten Kiemenbogen trennt, bildet sich zum mittleren und äußeren Ohr um. Dieß scheint auf den ersten Anblick kaum glaublich, und in der That haben erst die Untersuchungen der neueren Zeit diese Vorgänge mit größerer Bestimmtheit kennen gelehrt. Betrachtet man den Schädel eines Erwachsenen, an welchem der Unterkiefer abgenommen ist, so sieht man hinter der äußeren Ohröffnung eine länglich griffelartige Spitze herabgehen, an welcher ursprünglich das Zungenbein befestigt ist, und die selbst einen Theil des Schläfenbeines ausmacht, in welchem das mittlere Ohr vergraben liegt. Stellt man sich nun vor, daß der Unterkiefer statt beweglich in seinem Gelenke aufgehängt zu seyn, in demselben angewachsen wäre, so würde man zwischen dem Unterkiefer und dem Griffelfortsatze eine Spalte sehen, die in den hintern Theil der Rachenhöhle führt, und über deren oberem Ende sich der Gehörgang und das mittlere Ohr befänden. Es bedürfte nur eines Hammerschlages, um mit dem Meisel diese geschlossene Trommelhöhle zu öffnen und in das obere Ende der Spalte zu verwandeln. Eine solche Bildung findet sich aber Anfangs beim Embryo. Statt eines beweglich angehefteten Unterkiefers findet sich ein Streifen von Bildungsmasse, welcher ununterbrochen von der Schädelbasis aus nach unten sich fortsetzt. Statt eines mehrfach gegliederten Zungenbeinhorns und eines Griffelfortsatzes findet sich ein zweiter solcher Streifen von Bildungsmasse, der von dem ersten durch eine tiefe Spalte getrennt ist, welche in die Rachenhöhle führt.

Das obere Ende dieser Spalte schließt sich nun durch Wucherung der Bildungsmasse ab und bildet eine Röhre, die von außen nach innen führt und durch die besondere Entwicklung der Theile im Knie gebogen wird. Das Knie selbst erweitert sich blasenartig und wird zur Trommelhöhle, das äußere Ansatzstück wird äußerer Gehörgang, das innere nach der Rachenhöhle führende Stück Eustachische Trompete. Die Knöchelchen

des inneren Ohres entstehen theils aus den beiden Kiemenbogen selbst, theils aus der Bildungsmasse, welche das mittlere Ohr von dem unteren Theile der Kiemenspalte abschließt. Der Hammer mit dem Ambos entstehen aus dem ersten Kiemenbogen, und ersterer bildet, wie wir sehen werden, gleichsam die Grundlage des ganzen Unterkiefers; — der Steigbügel bildet sich aus dem zweiten Kiemenbogen und ist nichts anderes als die abgelöste obere Fortsetzung des Griffelfortsatzes; — der Trommelfellring endlich nebst dem Trommelfelle entwickelt sich aus dem Schließungsmaterial der Kiemenspalten.

Das äußere Ohr bildet sich aus einer Hautfalte, die sich allmählig mehr und mehr erhebt, und die Form der Muschel annimmt, die wir bei dem Erwachsenen kennen.

Es geht aus dem Gesagten zur Genüge hervor, daß auch das Ohr seiner Entstehung nach ein complicirtes Organ sey, welches sich im Laufe der Entwicklung aus mehreren anfänglich streng geschiedenen Theilen zusammensetzt. Das Labyrinth entsteht selbstständig für sich; die Nervensubstanz kommt ihm von innen her entgegen und bildet sich in dasselbe als Hörnerve hinein, während das mittlere Ohr von außen her sich an das Labyrinth anlegt und mit ihm verbindet. Wollte man nach Vergleichungspunkten zwischen dem Ohre und dem Auge suchen, so würde man erkennen müssen, daß das Linsensystem in ähnlicher Weise sich von außen nach innen fortschreitend entwickelt, wie das mittlere Ohr, das dem Stiel des Ohrbläschens der ursprünglichen Netzhautblase und den Sehnerven entspricht, und daß dem Ohrbläschen selbst als isolirt entstehendem Theile nur der Glaskörper, seiner selbstständigen Entwicklung wegen, verglichen werden kann.

Die Nase zeigt sich zuerst in Form zweier meist länglich eiförmiger Grübchen, welche an der vordern Fläche des Kopfes nahe an der Mittellinie sich befinden. Eine Linie, welche man von einer Augenblase zur andern ziehen würde, träfe auch diese

beiden äußern Nasengruben, die Anfangs ganz flach und sogar durch ihre aufgewulsteten Ränder etwas über die Fläche des Kopfes erhaben sind. Einer jeden dieser grubenförmigen Einsenkungen wächst von der unteren Fläche der Hemisphären, und zwar von der Stelle, wo sich auf dem Boden der Großhirnzelle der Streifenhügel erhebt, ein kolbenartiges Gebilde entgegen, welches sich allmählig der innern Seite der Nasengrube nähert, mit dieser verwächst und dann den Riechnerven darstellt. Die erste Anlage der Nase wird demnach jederseits aus einer äußerlichen nach hinten geschlossenen Grube gebildet, an deren Innenfläche die hohlen Riechnerven ansitzen.

Ich muß offen gestehen, daß mir die weitere Ausbildung dieser Nasengruben zu der bei den höheren Wirbelthieren vorhandenen nach hinten offenen Nase noch nicht völlig klar geworden ist. So viel scheint mir indeß sicher, daß diese Nasengruben nicht den äußeren Nasenöffnungen, sondern vielmehr dem Orte entsprechen, wo der Riechnerv durch die Siebbeinplatte an die Nasenschleimhaut herantritt, und daß demnach die ganze äußere Nase und die nach hinten sich öffnenden Nasengaumengänge um diese ursprünglichen Nasengruben herumgebildet werden und gleichsam einem Vorbaue derselben entsprechen. Das zwischen und hinten bei den Nasengruben angehäufte Bildungsmaterial verknöchert allmählig, wächst nach den Seiten herum aus und bildet so die Scheidewand der Nasenhöhle, die Riechmuscheln und die Siebbeinplatte; — alle Theile, welche meiner Ueberzeugung nach gesondert entstehen und anfänglich in ihrer Gesammtheit eine Art knorpliger Kapsel um die Nasengrube bilden, welche deren Grund wie ein in der Mitte getheilter Becher umfaßt. Die Bildungsmasse, welche die ursprünglichen Nasengruben nach unten hin umgibt und von der Mundhöhle trennt, entwickelt sich zu einem besondern Knochen, dem Zwischenkiefer, welcher indeß bei dem Menschen sehr bald mit dem Oberkiefer sich vereinigt. Dieser selbst ist ein innerer wagerechter Fortsatz des ersten Kiemenbogens, der von beiden Seiten her gegen die Mitte hin vorwächst. Auf diese Weise entsteht der knöcherne Gaumen, welcher

ein Zwischendach bildet zwischen der Mundhöhle und der Schädelbasis. Das Resultat dieser Vereinigung der beiden Oberkiefer mit dem mittleren Sporne, der als Zwischenkiefer, Pflugscharbein, und senkrechte Siebbeinplatte die beiden Nasengruben trennt, ist eben die Bildung zweier horizontalliegender Gänge, der beiden Nasengaumengänge. Der Eingang derselben überwölbt sich dann nach vornen durch die äußere Nase, deren Scheidewand Anfangs noch sehr breit ist, später aber allmählig immer dünner wird.

Aus dieser Bildungsweise des knöchernen Gaumens durch allmähliges Verwachsen nach innen erklärt sich sehr leicht eine Mißbildung, die man unter dem Namen des Wolfsrachens kennt. Sehr häufig nämlich entwickelt sich der Oberkiefer nur unvollständig. Er erreicht nicht die innere Scheidewand der Nasengruben, und es bleibt dann eine Längsspalte, welche die Mundhöhle mit der Nasenhöhle in Verbindung setzt. Eine äußere Andeutung dieser unvollständigen Vereinigung ist die Hasenscharte, welche zuweilen doppelt, meist nur auf einer Seite entwickelt ist.

Vierundzwanzigster Brief.

Das Skelett.

Die Entstehung der ersten Anlage des Skelettes führt auf die früheste Zeit der embryonalen Entwicklung zurück, nämlich zu derjenigen Epoche, wo sich in dem serösen Blatte der Keimhaut die Primitivrinne gebildet hat, innerhalb welcher, wie wir gesehen haben, das Nervensystem sich ausbildet. Unmittelbar nach dem Auftreten dieser Rinne erblickt man in der Längenare des Körpers einen mehr oder minder dunklen cylindrischen Strang, der den Boden der Primitivrinne zu bilden scheint, in Wahrheit aber auch nach oben von einer geringen Menge embryonaler Substanz bedeckt ist. Man nennt diesen Strang, der durchaus cylindrisch ist, die Rückensaite oder Chorda. Sie zeigt sich bei allen Embryonen äußerst früh, bildet sich aber bei den niedern Wirbelthieren weit mehr aus, als bei den Säugethieren. Sie entsteht auf die Weise, daß anfänglich mit dunkler Körnermasse gefüllte Zellen sich linear aneinanderreihen und später zu einer homogenen Masse zusammenschmelzen. In dieser Masse entwickeln sich nun kleine, vollkommen durchsichtige, wasserhelle Zellen, die sich allmählig mehr und mehr vergrößern, die körnige Ursubstanz verdrängen und so dem Strange ein vollkommen durchsichtiges Ansehen geben; daher kommt es denn auch, daß die Chorda unmittelbar nach ihrem Entstehen dunkler erscheint, als die umgebende Embryonalmasse, während in späterer Zeit gerade der umgekehrte Fall eintritt.

Zu gleicher Zeit, wie sich diese Zellenmasse in der Chorda selbst entwickelt, differenzirt sich auch von außen um dieselbe herum eine Schicht von Belegungsmasse, welche nach und nach zunimmt und eine dicke Scheide um die Chorda bildet, so daß diese jetzt als ein cylindrisches, mit Zellen angefülltes Rohr erscheint. Diese Belegungsmasse wuchert nun namentlich an einzelnen Stellen bedeutend nach den Seiten hinaus und stellt sich so in Form kleiner viereckiger Blättchen dar, deren Bildung in der Nackengegend unmittelbar an dem hinteren Ende der Nachhirnzelle beginnt und von dort aus rasch nach hinten fortschreitet. Diese viereckigen Blättchen, welche aus dunkler körniger Substanz gebildet und nur durch dünne Zwischenräume von einander getrennt sind, lagern sich sehr genau symmetrisch von beiden Seiten her an die Chorda an. Sie sind die ersten Rudimente der Wirbelkörper. Diese Platten wachsen nun allmählig von der Seite her nach oben und unten um die Chorda herum und umgeben dieselbe in Gestalt von Ringen. Jeder Wirbelkörper bildet demnach in seinem ursprünglichen Zustande einen Ring um die Chorda, der bei den höheren Wirbelthieren zu beiden Seiten angeschwollen ist, so daß bei der Ansicht des Embryo von oben oder unten stets noch die Ringe in Gestalt viereckiger Platten erscheinen. Bei dem fernern Fortwachsen des Wirbelkörpers nach innen wird die von ihnen umschlossene Chorda allmählig verdrängt und bei den höheren Wirbelthieren gänzlich verzehrt, während sie bei den Fischen noch als gallertartige Substanz in den Höhlungen der Wirbelkörper übrigbleibt. Bei den Fischen und nackten Amphibien zeigt sich indeß auch noch der Unterschied in der Entwicklung der Wirbelkörper, daß dieselbe nicht zu beiden Seiten der Chorda in Gestalt quadratischer Plättchen auftreten, sondern daß sie gleich vom ersten Augenblicke an vollständige Ringe um die Chorda bilden, welche überall eine gleichmäßige Dicke besitzen.

Die Belegungsmasse der Chorda beschränkt sich indeß nicht einzig darauf, daß sie eine Scheide um den inneren Zellenstrang bildet, sie setzt sich auch nach oben gegen die Rückenfläche hin

fort, und differenzirt sich hier in Gestalt eines zweiten Rohres, welches das Rückenmark umhüllt. So stellen es wenigstens die meisten Embryologen dar. Es hat mir indessen scheinen wollen, als sey dieses Umhüllungsrohr des Rückenmarkes eine selbstständige Bildung, welche nun später mit der Belegungsmasse der Chorda in Verbindung tritt, ohne dieser von Anfang an anzugehören. Wie dem auch sey, so viel ist gewiß, daß in diesem Umhüllungsrohre selbstständig und in durchaus unabhängiger Weise, aber den Wirbelkörpern entsprechend, einzelne Knochenstücke entstehen, welche nach oben und unten fortwachsen und im Spitzbogen über dem Rückenmarke sich vereinigen, während sie nach unten auf den Wirbelkörper sich aufsetzen. Diese symmetrischen Stücke, welche isolirt für sich entstehen und bei vielen Embryonen sogar viel früher verknöchern, als die Wirbelkörper selbst, sind die Bogenstücke oder hinteren Wirbelbogen.

In ähnlicher Weise sondern sich auch in der Embryonalmasse, welche die Bauchwände bilden soll, selbstständige Skelettstückchen aus, welche sich bogenförmig nach unten krümmen und die Eingeweide zu umfassen streben. Auch diese Stücke, welche je nach den einzelnen Wirbeln zu Rippen, queren oder schiefen Fortsätzen werden, entstehen selbstständig für sich in der Embryonalsubstanz und vereinigen sich erst später mit dem Wirbelkörper. Man hat öfter die Entstehung der Wirbel und der Wirbelfortsätze in der Art dargestellt, als entstehe zuerst der Wirbelkörper und als strahlten dann aus diesem centralen Punkte die einzelnen Fortsätze hervor und krümmten sich bogenförmig einerseits nach oben um das Rückenmark, andererseits nach unten um die Eingeweide und die großen Gefäße herum, so daß also das Schema des Wirbeltypus eine 8 sey, in deren Verschlingungspunkt der Wirbelkörper liege, während nach oben und unten hin die Fortsätze zur Umfassung der angegebenen Theile vorhanden wären. Das Bild ist allerdings richtig; — die Entstehungsweise der 8 aber darin verschieden, daß jedes Stück für sich selbstständig entsteht, und erst später mit den andern zusammenschießt.

Die wesentliche Bedingung zur Entstehung eines Wirbels ist die Chorda, und man kann als Grundsatz aussprechen, daß nirgends ein Wirbelkörper sich entwickelt, wo nicht vorher eine Chorda ihm als Grundlage gedient habe. Deßhalb sieht man auch bei den Embryonen, deren Hintertheil sich zu einem Schwanze verlängert, die Chorda nach und nach in den Schwanz sich fortsetzen und dort gleichsam die Wirbelbildung anregen. Bei vielen Thieren bleibt die Chorda das ganze Leben hindurch in dem ursprünglichen embryonalen Zustand. Das niederste Wirbelthier, welches man bis jetzt kennt, der Amphioxus, besitzt gar keinen andern Skeletttheil. Bei den Lampreten und Neunaugen, sowie bei den Stören gesellen sich zu dieser persistirenden Chorda selbstständige knorpelige Bogenstücke, und wenn man die Reihe der Wirbelthiere aufwärts verfolgt, so lassen sich alle Stadien der Entwicklung, welche man bei den Embryonen kennt, in dem Baue der Wirbelsäule erwachsener Thiere nachweisen.

Wir haben oben bemerkt, daß die vorderste Wirbelplatte unmittelbar hinter dem Ende der Nachhirnzelle sich zeigt. Die Chorda ragt indeß weiter nach vorn über diesen ersten Wirbelkörper des Halses hinaus. Ihr vorderes Ende, das wie ein zugespitzter Pfahl in der umgebenden Embryonalmasse steckt, findet sich zwischen den beiden Ohrbläschen in der Gegend, wo die Blase des Mittelhirnes beginnt. Man hat noch nie einen Embryo entdeckt, bei welchem das vordere Ende der Chorda weiter nach vornen über das Mittelhirn hinausgeragt hätte.

Die Belegungsmasse der Chorda, in welcher, wie wir oben gesehen haben, die ersten Wirbelanlagen sich differenziren, bildet von dem vorderen Ende der Wirbelsaite aus zweieigenthümliche, geradeaus gerichtete Fortsätze, welche sich um den Hirnanhang herumkrümmen und vor demselben zusammenstoßen. Diese beiden Fortsätze, welche cylindrisch sind und die seitlichen Schädelhalken genannt werden, gehen von einer etwas breiteren Platte der Belegungsmasse der Chorda aus, welche unter der Nachhirnzelle sich entwickelt. Sie stellen in ihrer Gesammtheit mit der Chorda etwa die Figur einer Raquette dar, wie man sie zum

Schlagen des Federballes benutzt. Der Stiel dieser Raquette wird von der Chorda, die Seitentheile von den beiden seitlichen Schädelbalken repräsentirt. Von der breiteren Platte, welche man die Nackenplatte nennt, erhebt sich senkrecht ein knorpeliger Sporn, der in die Stelle der Kopfbeuge zwischen zweiter und dritter primitiver Hirnzelle eindringt und gleichsam die Axe bildet, um welche diese Kopfbeuge sich herstellt. Dieser Sporn, den man den mittleren Schädelbalken genannt hat, verschwindet wieder spurlos in späterer Zeit, während die seitlichen Schädelbalken eine wichtige Rolle in der späteren Entwicklung des knöchernen Schädels spielen.

Außer den genannten Theilen zeigen sich an dem Kopfe noch andere knorplige Gebilde, welche ebenfalls für die Entwicklung des knöchernen Schädels von Wichtigkeit sind. Die beiden Ohrblasen werden, wie schon in dem vorigen Briefe erwähnt wurde, von knorpligen Kapseln umhüllt, welche anfangs durchaus isolirt entstehen und erst später einigermaßen mit der Nackenplatte verwachsen. Nicht minder isolirt bildet sich die knorplige Doppelkapsel, welche das Geruchsorgan umhüllt, und aus der, wie oben bemerkt, das Siebbein, der Zwischenkiefer und noch andere Knochen sich entwickeln.

Um das ganze Gehirn differenzirt sich eine Schicht von Knorpelsubstanz, welche eine continuirliche Kapsel bildet, die die Nervensubstanz von allen Seiten her einhüllt. Diese knorplige Gehirnkapsel steht mit den eben angeführten Theilen, namentlich mit der raquettenförmigen Schädelbasis, in keiner organischen Verbindung und läßt sich leicht von denselben loslösen. Sie bildet ein continuirliches Ganze, und man kann sich nicht besser eine Vorstellung davon verschaffen, als wenn man den Schädel eines Haifisches untersucht. Dieser ist ebenfalls ein aus dem Ganzen gegossenes Stück, welches das Gehirn von allen Seiten umhüllt und keinerlei Abtheilungen zeigt. Ebenso verhält sich auch die primitive Gehirnkapsel des Embryo; — sie besteht aus einem einzigen Stücke, welches auf den Schädelbalken aufliegt, ohne selbst mit denselben zu verwachsen.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß der primitive Schädel des Embryo aus sehr verschiedenen Stücken zusammengesetzt ist, die vollkommen getrennt von einander bestehen, und somit auch nicht einem und demselben Entwicklungstypus angehören können. Mit der Chorda oder dem Wirbelsysteme in näherer Beziehung stehen allein die seitlichen Schädelbalken, die Nackenplatte, von welcher die Schädelbalken ausgehen, und die Gesichtsplatte, in welcher sie sich unmittelbar vor dem Gehirnanhange wieder vereinigen. Die knorpligen Kapseln des Gehirnes, der Gehörorgane und der Nase sind in ihrer Anlage dem Wirbelsysteme durchaus fremd und haben mit demselben auch nicht das Geringste gemein. Wenn man die Entwicklung der einzelnen Theile des knöchernen Schädels verfolgt, so ist aus diesem Grunde wohl darauf zu achten, aus welcher dieser verschiedenen knorpeligen Grundlagen ein spezieller Knochen hervorgehe, da sich hieraus von selbst ein Schluß über die Natur und die Beziehung eines jeden einzelnen Knochen ergibt.

Im Allgemeinen muß hier bemerkt werden, daß jedem oder wenigstens den meisten Knochen eine knorplige Grundlage vorangeht, aus welcher sich erst die Knochensubstanz entwickelt. Ich habe gesagt, den meisten Knochen, weil man schon einige Beispiele von Knochen kennt, die unmittelbar, ohne vorläufige Bildung einer knorpligen Grundlage, aus der embryonalen Bildungsmasse hervorzugehen scheinen. In welcher Weise die Umwandlung des Knorpelgewebes in Knochengewebe geschieht, ist noch nicht hinlänglich ausgemacht trotz vielfältiger Untersuchungen, welche man über diesen Punkt angestellt hat. Meistens erzeugen sich in den knorplichen Grundlagen der Knochen einzelne Punkte, sogenannte Knochenpunkte, von welchen aus die Verknöcherung nach allen Seiten hin fortschreitet. Man hat früher auf das Erscheinen dieser Knochenpunkte vieles Gewicht gelegt, nach mancherlei Streitigkeiten über deren Zahl und Lagerung in den einzelnen knorpligen Elementen aber bald einsehen müssen, daß diese Untersuchungen nur sehr wenige Resultate liefern konnten, welche von allgemeinerem Interesse wären. Nicht minder hat

man sich vielfältig abgequält, um die Epoche, in welcher die einzelnen Knochen bei dem menschlichen Fötus verknöchern, zu bestimmen, und hat sich dabei überzeugt, daß die Verknöcherung durchaus nicht in derselben Reihenfolge geschieht, als die knorpligen Grundlagen auftreten, und daß demnach manche Stücke des Skelettes sehr lange knorplig bleiben, während andere fast unmittelbar nach ihrem Erscheinen verknöchern.

Die raquettenförmige Grundlage, die aus den seitlichen Schädelbalken und deren Endplatten und Anfangsplatten besteht, umfaßt von allen Seiten den Hirnanhang, der, wie wir oben sahen, aus einer Ausstackung der Mundschleimhaut hervorgegangen ist. Betrachtet man den knöchernen Schädel eines Erwachsenen, von welchem die Decke abgehoben ist, so daß man die innere Fläche, auf welcher das Gehirn ruht, erblicken kann, so sieht man, daß der Hirnanhang in einer tiefen Grube des Keilbeines verborgen liegt, welche man den Türkensattel genannt hat. Diese Grube entspricht also ohne Zweifel dem Raume, in welchem das vordere Ende der Chorda frei vorragt, und der von den beiden seitlichen Schädelbalken umschlossen ist. Der Türkensattel ist mit einem Worte der Rest jenes senkrechten Loches, durch welches die Mundschleimhaut sich beutelartig hervorstülpt, um den Hirnanhang zu bilden. Dieses Loch ist anfangs bedeutend größer als der Hirnanhang, verengert sich aber allmählig um denselben durch Verknöcherung der seitlichen Schädelbalken, die auf diese Weise in dem knöchernen Schädel einen einzigen Knochen, den Körper des Keilbeines bilden. Der Körper des Keilbeines umfaßt demnach niemals einen Theil der Wirbelsaite; er stellt vielmehr eine horizontale Platte dar, welche anfangs durch ein senkrechtes Loch in der Mitte durchbohrt war. Die Entwicklung des Keilbeinkörpers hat sonach nicht die mindeste Aehnlichkeit mit derjenigen eines Wirbelkörpers und wenn man auch zur Unterstützung dieser Ansicht anführen will, daß der Keilbeinkörper aus der über die Chorda selbst verlängerten Belegungsmasse der Wirbelsaite entstanden ist, so muß man doch auf der andern Seite berücksichtigen, daß eine senkrechte Durchbohrung

durchaus mit der Natur eines Wirbelkörpers unverträglich erscheint.

Vollständigen Wirbeltypus bietet in seiner Entstehung das Hinterhauptbein dar. Der Körper desselben entwickelt sich als Ring um die Chorda, die er nach und nach umschließt und gänzlich absorbirt. Die Seitentheile, welche das verlängerte Mark umfassen, entstehen wie die Bogenstücke der Wirbel, als getrennte Stücke in dem Umhüllungsrohr des verlängerten Markes.

Den vordern Theil der knorpligen Schädelbasis, in welchem sich die beiden seitlichen Schädelbalken vereinigen, stellt anfänglich eine schmale Platte dar, welche kaum breiter ist, als die Schädelbalken selbst. Diese Gesichtsplatte verknöchert ebenfalls so wie die seitlichen Balken, und bildet einen Knochenkern, der sehr bald mit dem eigentlichen Keilbeine verwächst, zuweilen aber als vorderer Keilbeinkörper getrennt bleibt. Die von der Chorda ausgehende Belegungsmasse bildet also einzig und allein in dem knöchernen Schädel das Hinterhauptbein und die nächste Umgebung des Türkensattels, so wie dessen Boden. Die große Mehrzahl der Schädelknochen hat durchaus nicht das Mindeste mit dieser von der Belegungsmasse der Chorda ausgehenden knorpligen Schädelbasis zu thun, ein Umstand, auf welchen wir sogleich ausführlicher zurückkommen werden.

Ein zweites primitives Gebilde waren die beiden Knorpelkapseln, welche die Gehörblasen umhüllen. Diese verknöchern durchaus für sich und bilden das Felsenbein, welches bei dem Neugebornen noch als durchaus getrennter Knochen existirt und später erst mit den Schläfenbeinen verwächst. Die Felsenbeine sind demnach ihrer Entstehung zufolge durchaus für sich bestehende isolirte Theile, die mit keinem andern Stücke des Skelettes in näherer Beziehung stehen.

Bei der Entwicklung der Nase schon wurde darauf aufmerksam gemacht, daß die ursprünglichen Knorpelkapseln, welche die Nasengruben umhüllen, eine isolirte Entstehungsweise zeigen und erst später in Verbindung mit andern Knochen treten. Das Siebbein und die Nasenbeine, das Pflugscharbein und der

Zwischenkiefer gehören ohne Zweifel dieser ursprünglichen knorpligen Nasenkapsel an und stehen in keiner Beziehung weder zu der knöchernen Schädelbasis, noch zu der primitiven Gehirnkapsel.

Die Gehirnkapsel selbst verknöchert niemals, unter keinen Umständen, bei keinem Thiere. Es entwickelt sich nie ein Knochen aus derselben, und die verschiedenen Stücke, welche das knöcherne Gewölbe des Schädels bilden, die Stirnbeine, die Scheitelbeine, die Schuppe des Hinterhauptes, die Schläfenbeine und die Flügel des Keilbeines sind besondere Knochen, sind Belegungsplatten, welche von außen her sich auf die knorplige Gehirnkapsel gleichsam niederschlagen und eine äußere Knochenkapsel bilden, welche die innere Knorpelkapsel vollständig einschließt und allmählig durch ihr fortdauerndes Wachsthum zu Grunde richtet. Man kann bei Embryonen zu gewissen Zeiten die knorplige Hirnkapsel, welche man auch den Primordialschädel genannt hat, aus diesen äußern Belegungsplatten herausschälen und mit leichter Mühe von den Knochen loslösen. Bei vielen Fischen bleibt diese knorplige Kapsel zeitlebens, und die genannten Knochen stets in ihrer ursprünglichen Beziehung zu derselben. Man braucht, um sich von diesem Verhältnisse zu überzeugen, nur den Kopf eines gekochten Hechtes zu untersuchen. Das Kochen hat hingereicht, um die Fasern zu lösen, welche die Knochen mit den Knorpeln verbinden, und man wird ohne weiteres die meisten Schädelknochen ablösen können und als Rest eine innere Knorpelkapsel zurückbleiben sehen, welche das Gehirn unmittelbar umhüllt.

Die Entwicklung des Gesichtes und der dazu gehörigen Knochen ist nicht minder complicirt, als diejenige des Schädels und, wo möglich, ist die Zerspitterung der Uranlagen, aus welchen sich die einzelnen Knochen hervorbilden, noch größer und mehr im Einzelnen durchgeführt. Während indeß bei der Anlage der Wirbelkörper und des Primordialschädels die Ausbildung in der Mittellinie, um eine mittlere Axe, ein wesentliches Moment darstellt, so ist im Gegentheile bei dem Gesichte die paarig symmetrische Anlage und die Entwicklung von beiden Seiten her gegen die Mittellinie hin unverkennbar und dadurch erzeugt,

daß alle Theile des Gesichtes ursprünglich dazu bestimmt sind, Ringe um das Anfangsstück des Darmrohres, um den Munddarm zu bilden. Diese Ringe aber werden durch das allmählige Gegeneinanderwachsen bogiger Stücke von Embryonalsubstanz gebildet, die gegen die Mittellinie zu sich krümmen und endlich in derselben vereinigen.

Schon in früherer Zeit hatte man an sehr jungen Embryonen seitlich am Halse quere Spalten gesehen, ohne daß man dieser Beobachtung diejenige Aufmerksamkeit schenkte, welche sie verdient hätte. Später beschäftigte man sich genauer mit dieser Erscheinung; man erkannte, daß diese Querspalten durch bogenförmige Streifen von einander getrennt seyen, in welchen Gefäßbogen verliefen, die von dem Herzen aus nach oben sich krümmten und unmittelbar unter der Chorda sich vereinigten, um die großen mittleren Körperarterien zu bilden. In dieser Anordnung erkannte man mit Recht große Aehnlichkeit mit den Strukturverhältnissen, welche die Kiemen der Fische darbieten. Bei diesen Thieren erblickt man, sobald man die Kiemendeckel (die sogenannten Ohren) aufhebt, in der Tiefe die Kiemen, welche durch ihre schön rothe Farbe allen Fischliebhabern bekannt sind, da man an der hellen Röthe dieser Theile erkennt, ob der Fisch wirklich frisch sey oder nicht. Untersucht man diese Kiemen näher, so findet man, daß sie aus strahlenartigen, spitzen Blättchen bestehen, die auf knöchernen Bogen aufsitzen. Diese knöchernen, gegliederten Kiemenbogen sind durch Spalten von einander getrennt, welche in die Mundhöhle führen. Man braucht bei dem ersten besten Weißfische nur den Kiemendeckel abzuschneiden und mit der Scheere die rothen Kiemenblättchen abzutragen, um eine Anschauung dieser knöchernen Bogen und der zwischen ihnen befindlichen Spalten zu erhalten. Ueber jedem dieser Bogen läuft eine große, fast unmittelbar aus dem Herzen entspringende Arterie, die sich an die Kiemenblätter vertheilt und wieder in einen Stamm sammelt, der unmittelbar unter der Wirbelsäule mit demjenigen der entgegengesetzten Seite sich vereinigt, und den Stamm der Aorta bilden hilft. Die Aorta entsteht also bei den

Fischen aus den Gefäßen der Kiemenbogen und alles Blut, welches aus dem Herzen ausgetrieben wird, muß durch diese Gefäße der Kiemenbogen laufen.

Ganz dieselbe Struktur findet sich zu einer gewissen Zeit beim Embryo. Alles Blut läuft, indem es aus dem Herzen ausgetrieben wird, durch die Gefäßbogen der erwähnten krummen Streifen von Embryonalsubstanz und vereinigt sich nachher in der Mittellinie. Deßhalb nannte man diese Streifen die Kiemenbogen, die sie trennenden Spalten die Kiemenspalten, um die Analogie anzuerkennen, welche in der Bildung dieser Theile offenbar gegeben ist. Zur Zeit jener Entdeckung war die Naturphilosophie noch in ihrer höchsten Blüthe und es konnte nicht fehlen, daß diese Thatsache in mannigfacher Art der Richtung jener Zeit zufolge benutzt wurde; allein deßhalb fiel es doch nie irgend einem Forscher in der Entwicklungsgeschichte ein, behaupten zu wollen, daß diese Kiemenbögen wirklich der Respiration dienten. Man wußte zu wohl, daß das Athmen der Fische eine Funktion der Capillarnetze war, welche die Kiemenblättchen überzogen, hatte sich aber durch Beobachtung überzeugt, daß auf den Kiemenbogen der Embryonen höherer Thiere nie solche respiratorische Kiemenblättchen sich entwickelten. Es gleicht daher dem Gefechte Don Quixote's gegen die Windmühlen, wenn der französische Phantast in der Entwicklungsgeschichte, dessen wir schon früher erwähnten, eine große Abhandlung gegen die respiratorische Funktion dieser Kiemenbogen der Embryonen schrieb, da kein Mensch je eine Behauptung dieser Art aufgestellt hatte.

Bei den Säugethieren zeigen sich in frühester Zeit, aber doch erst nach Ausbildung der Augenbuchten, des Ohrbläschens und der Kopfbeuge, auf jeder Seite des Halses fünf Kiemenspalten, wodurch vier Kiemenbogen abgetrennt werden, die von vornen nach hinten an Größe und Bedeutung abnehmen. Alle diese Kiemenbogen entstehen nach und nach, der vorderste zuerst, der hinterste zuletzt; sie wachsen in Form kleiner Warzen hervor, welche sich allmählig vergrößern und einander entgegenkommen.

Der vorderste Kiemenbogen ist der bedeutendste in

jeder Hinsicht, sowohl an Größe, als auch hinsichtlich der Bildungen, zu welchen er später Gelegenheit gibt. Wir haben bei dem Ohre schon von diesem Kiemenbogen gesprochen und den Antheil bezeichnet, welchen er an der Bildung des mittleren Ohres nimmt. Aus diesem Bogen entstehen einerseits der Oberkiefer, das Jochbein, die Gaumen- und Flügelbeine, indem von dem oberen Theile desselben, da wo er von der Schädelbasis ausgeht, eine wuchernde Bildungsmasse nach vorn und innen gegen die Mitte zuwächst, und durch endliches Anlegen an die Scheidewand der Nasenkapsel ein horizontales Dach bildet, wodurch die Nasenhöhlen von der Mundhöhle geschieden werden. Man hat bisher diese ganze Masse, in welcher sich vereinzelt die genannten Knochen bilden, bei den Säugethieren als einen inneren Fortsatz des Bogens angesehen, aus welchem sich der Unterkiefer entwickelt, vielleicht aber dürfte die Analogie mit tieferstehenden Wirbelthieren später darauf führen, diesen Fortsatz als einen selbstständigen Kiemenbogen zu betrachten.

Der äußere Theil des ersten Kiemenbogens, welcher sich in weiter Krümmung von beiden Seiten her um die vordere Oeffnung des Munddarmes herumschlingt, entwickelt in seiner Masse den Unterkiefer und zwar in Folge höchst eigenthümlicher Vorgänge. Es bildet sich nämlich ein cylindrischer, gekrümmter Knorpelstab, welcher als ununterbrochenes Ganze von der Schädelkapsel, an die er anstößt, bis zur mittleren Vereinigung unter dem Darme sich fortzieht. Das oberste Ende dieses Knorpelstabes verknöchert und bildet den Hammer, das wesentlichste der Gehörknöchelchen; das untere Ende aber verknöchert nie, sondern bildet gleichsam nur eine Axe, auf deren äußerer Fläche sich der Unterkiefer als eine Belegungsplatte entwickelt. Man hatte schon früher beobachtet, daß bei den Embryonen und zwar beim menschlichen Fötus im dritten oder vierten Monate auf der inneren Fläche des Unterkiefers in einer eigenen Rinne ein Knorpelstab sich befinde, welcher aus der Paukenhöhle hervorkommt und an seinem obern Ende mit dem Hammer in Verbindung steht. Man nannte diesen Knorpelstab nach dem Entdecker den Meckel'schen

Fortsatz des Hammers. Bei vielen Thieren bleibt dieser Knorpelstab das ganze Leben hindurch, und man braucht nur an einem gekochten Hechte auf der inneren Seite des Unterkiefers mit der Gabel das Fleisch wegzunehmen, um sich eine Anschauung der Verhältnisse zu verschaffen, wie sie bei dem Embryo sind. Man wird dann sehen, daß der Unterkiefer ein Knochenblatt darstellt, welches in Form einer Hohlkehle nach innen eingerollt ist, und daß innerhalb dieser Hohlkehle ein Knorpelstab sich befindet, der die ganze Länge des Unterkiefers durchsetzt.

Der zweite Kiemenbogen, welcher weit kleiner ist als der erste, nimmt in seinem obersten Theile Antheil an der Bildung der Paukenhöhle und entwickelt in seinem Innern ebenfalls einen Knorpelstab, welcher in seinem obern Theile verknöchert und wahrscheinlich den Steigbügel, jedenfalls aber den Griffelfortsatz des Schläfenbeines bildet. Der mittlere Theil dieses Knorpelstabes verschwindet oder verknorpelt sich vielmehr in ein faseriges Band, an welchem die vordere verknöcherte Hälfte, die das kleine Horn des Zungenbeines bildet, aufgehängt ist.

Der dritte Kiemenbogen enthält ebenfalls im Anfange einen Knorpelstab, welcher aber nur in seinem unteren Theile Veranlassung zu Knochenbildung gibt, indem er das große Horn des Zungenbeines, sowie dessen Körper bildet. Außerdem scheint dieselbe Masse des dritten Kiemenbogen an ihrer Vereinigungsstelle den Kehlkopf, diejenige des zweiten die Zunge hervorgehen zu lassen. Man hat behauptet, die Zunge sey eine Ausbildung der Vereinigungsstelle des ersten Kiemenbogens, allein es scheint mir, als weise die Anatomie der niedern Wirbelthiere hier einen kleinen Fehler der Beobachtung nach, der bei der Schwierigkeit der Untersuchung leicht begangen werden konnte. Der vierte Kiemenbogen entwickelt keine knöchernen Theile; er wird zur Bildung der fleischigen Bedeckungen des Halses verwendet.

Die ursprünglichen Kiemenspalten verschwinden durch Zusammenwachsen der einzelnen Bogen alle bis auf die erste Spalte, welche sich in die Mundöffnung umwandelt und bis auf den obern Theil der zweiten, die zur Bildung des mittleren

Ohres verwendet wird. Die Verwachſung der Kiemenbogen ſelbſt geht äußerſt raſch vor ſich, während die Verknöcherung nur langſam vorſchreitet. Es iſt aber ein allgemeines Geſetz der Knochenbildung in den Kiemenbogen, daß ſich zuerſt ungetheilte Knorpelſtäbe bilden, um welche herum knöcherne Belegungsſtäbe ſich ablagern, die von außen her den primitiven Knorpel einhüllen. Bei dem Unterkiefer haben wir dieß ſpeciell nachgewieſen, es gilt auch, wie man bei niedern Wirbelthieren erſehen kann, für die übrigen Kiemenbogen, welche ſich bei dieſen Thieren in weit größerer Ausdehnung entwickeln.

Wenn wir nun noch einen kurzen Blick auf die Entwicklung der Extremitäten werfen, ſo geſchieht dieß hauptſächlich nur um zu zeigen, wie aus der urſprünglich plumpen Form die allmählige Sonderung der ſpeciellen Geſtaltung hervorgeht. Die Extremitäten erſcheinen in Geſtalt rundlicher Floßen ohne irgend welche Sonderung in Finger oder einzelne ſpecielle Abtheilungen. Erſt ſpäter bildet ſich die Spaltung der Finger aus, und zwar in der Weiſe, daß im Innern der ſchaufelförmigen Floße Knorpelſtreifen entſtehen, zwiſchen welchen allmählig die Subſtanz aufgeſaugt wird. Es iſt aus dieſer Entſtehungsweiſe erklärlich, daß oft Kinder geboren werden, bei welchen die Finger durch eine Art von Schwimmhaut mit einander verbunden ſind.

Die Entwicklung des Skelettes im Ganzen gibt über mehrere Fragen von allgemeinerem Intereſſe Aufſchluß, deren Erörterung hier um ſo mehr am Platz ſeyn dürfte, als man ſich oft und vielfach zu Begründung derſelben auf die Entwicklungsgeſchichte berufen hat. Mit dem Anfange unſeres Jahrhunderts entwickelte ſich zuerſt in Deutſchland ziemlich allgemein, dann auch in Frankreich bei einigen Männern die Anſicht, daß ein gemeinſchaftlicher Urtypus ſämmtlichen Skelettbildungen zu Grunde liege, und daß dieſer Typus in dem Wirbel zu ſuchen ſey. Den Schädel betrachtete man als eine eigenthümliche Ausbildung mehrerer Kopfwirbel, bei welchen hauptſächlich die oberen Bogenſtücke in abnormer Weiſe zur Umhüllung des Gehirnes ausgebildet ſeyen. In den Knochen der Schädelbaſis ſuchte man die Körper dieſer

Wirbel, deren Zahl man je nach den verschiedenen Ansichten auf drei bis sechs oder gar noch mehr bestimmte. Man ging in diesen Bestrebungen so weit, nicht nur die Kopfwirbel selbst in allen ihren Stücken zu restauriren, sondern auch die Kiefer, die Kiemenbögen und die Gliedmaßen als seitliche Ausstrahlungen der Kopf- und Rumpfwirbel zu betrachten. Bald sollten die Kiefer Gliedmaßen, bald Rippen seyn, und nicht nur auf die Wirbelthiere beschränkte sich die Spekulationswuth der Wirbeltheoretiker, sondern auch auf die wirbellosen Thiere trug man diese Ansichten über und suchte auf diese Weise, wenn ich mich so ausdrücken darf, das ganze Thierreich zu verwirbeln. Wenn man heutzutage einige jener Foliobücher zu Hand nimmt, welche von Urwirbeln, Zwischenwirbeln, Sekundar- und Tertiarwirbeln handeln, so begreift man wirklich kaum, wie es möglich gewesen sey, daß die Naturforscher eine zeitlang auf diese Weise im Dunkeln umhertappen konnten. Auch wurden diese romantischen Uebertreibungen baldigst von den besonnenen Naturforschern gewürdigt. Allein wenn man auch gegen dieselben protestirte, so blieb wenigstens so viel übrig, daß man allgemein annahm, der knöcherne Kopf sey nur eine modificirte Fortsetzung der Wirbelsäule. Man berief sich hierbei hauptsächlich auf die Resultate der Entwicklungsgeschichte, und es ist deßhalb unsere Pflicht, hier in kurzem darzuthun, inwiefern diese Theorie durch Thatsachen unterstützt werde oder nicht.

Es fragt sich hier zuerst, ob man an dem knöchernen Kopfe in der That Bildungen nachweisen könne, welche ihrer Entstehung nach durchaus in keinem Zusammenhange weder mit der Are des Wirbelsystemes, der Chorda, noch mit den von denselben ausgehenden Belegungsmassen stehen, und die ebenfalls in ihrer Grundlage keine Beziehung zu dem Central-Nervensysteme zeigen? Als solche Bildungen sind uns bekannt geworden: die knorpligen Kapseln, welche sich um die Ohrbläschen herumbilden und durch allmählige Verknöcherung zum Felsenbeine werden. Als solche durchaus selbstständige Bildungen sind uns ferner bekannt geworden die Nasenkapseln, aus welchen das

Siebbein, die Riechmuscheln, das Pflugscharbein und der Zwischenkiefer sich entwickeln. Alle die genannten Knochen können demnach in keine Beziehung zu dem Wirbeltypus gebracht werden, und diese Ansicht theilen auch, wenn ich nicht irre, die meisten neueren Embryologen, welche diese Theile einem selbstständigen Kapselsysteme der Sinnesorgane beizuzählen geneigt sind.

Die Kiemenbogen mit den aus ihnen entstehenden Skelettheilen zeigen ebenfalls eine völlige Unabhängigkeit von dem Wirbelsystem und durchaus selbstständige Ausbildung. Man hat dieselben als modificirte Rippen ansehen wollen, ohne indeß dafür andere Belege beibringen zu können, als die Thatsache, daß sie den Munddarm ebenso umfassen, wie die Rippen die Brusteingeweide. Betrachtet man aber die Entstehung beider Theile in Vergleichung zu einander, so ergibt sich eine so völlige Verschiedenheit, daß diese Ansicht als unhaltbar aufgegeben werden muß. Die Bildungsmasse, in welcher die Rippen entstehen, ist ein zusammenhängendes Gebilde, eine plattenförmige Ausbreitung von Embryonalmasse, in welcher die einzelnen Knorpelstäbe der Rippen sich sondern und später in ihrer Masse verknöchern. Niemals sind diese Rippen durch Spalten getrennt, niemals entsteht eine Rippe für sich gesondert in ihrer Anlage und verbindet sich erst später zu einem Ganzen; die Kiemenbogen dagegen gehen als isolirte Wärzchen hervor, die nach und nach einander entgegenkommen, durch Spalten getrennt sind, und deren Knorpelstreifen hauptsächlich durch Belegung mit Deckplatten verknöchern. Das System der Kiemengebilde ist demnach ein vollkommen eigenthümliches, das mit den Wirbeln in durchaus keiner Beziehung steht, was namentlich auch daraus hervorgeht, daß die Zahl dieser Bogen eine wechselnde ist bei verschiedenen Thieren, während die Zahl der Rippen genau der Zahl der Wirbel entspricht, welchen sie angehören.

Wie man die Extremitäten als Ausstrahlungen der Wirbel betrachten könne, ist einem gesunden Sinne vollends unbegreiflich, denn mit eben so vielem Rechte, könnte man auch die Lungen, die Leber oder Gott weiß, welche Organe als Ausstrahlungen

der Wirbel betrachten, da alle diese Eingeweide ebensoviel mit den Wirbeln zu thun haben, als die Extremitäten, nämlich durchaus gar Nichts.

Es bleiben uns also von den zahlreichen Knochen, die das Skelett zusammensetzen, nur die eigentlichen Wirbel und diejenigen Knochen, die an dem Schädel in näherer Beziehung zu der Chorda oder dem Gehirne stehen. Um hier eine sichere Basis der Vergleichung zu gewinnen, fragt es sich zuerst, wie der Wirbel entstehe, und welche Kriterien man aufstellen müsse, um die Wirbelnatur irgend eines Gebildes zu erkennen.

Die Beantwortung dieser Frage ergibt sich ganz von selbst aus dem Vorhergehenden. Ein Wirbelkörper entsteht nur als Ring um die Chorda; ohne Wirbelsaite ist seine Entstehung nicht denkbar; wo keine Chorda ist, kann auch kein Wirbel sich bilden. Der hintere wie der vordere Keilbeinkörper entstehen aus einer horizontalen, senkrecht durchbohrten Knorpelmasse; sie können demnach keine Wirbel seyn.

Die Belegungsplatten der primitiven Gehirnkapsel bilden ebenfalls ein eigenes System. Bei den Säugethieren entstehen sie nur oben und an den Seiten; bei den Fischen ist eine solche Bildung von Belegplatten auch unten, unterhalb der Schädelbasis, zwischen ihr und der Mundschleimhaut nachgewiesen, und die Knochen, welche man bei den gewöhnlichen Fischen als Keilbein und Pflugschar bezeichnet (das Schwert in dem Hechtskopfe), sind solche untere Belegungsplatten.

Man hat demnach Unrecht, den Schädel als eine modificirte Wirbelsäule zu betrachten. Das Ende der Wirbelsäule ist in dem Hinterhauptbeine, dem einzigen Schädelwirbel, gegeben; — die übrigen Theile gehören verschiedenen Systemen an, sind Ansätze, welche dem Wirbeltypus durchaus fremd sind.

Fünfundzwanzigster Brief.

Die Eingeweide.

Die Entwicklung der Eingeweide, und zwar vor allen Dingen diejenige des Darmrohres als der primitiven Axe dieser sämmtlichen Gebilde, führt uns wieder in die ersten Zeiten der Embryonalbildung zurück, wo wir den Fruchthof aus zwei Blättern bestehend fanden, deren inneres, das vegetative oder Schleimblatt unmittelbar die Dotterflüssigkeit berührte und einen Sack darstellte, der an der Stelle des Fruchthofes durch Zellenanhäufung verdickt war. Die Ausbildung dieser flächenartigen Verdickung zu einem geschlossenen Rohre, welches anfangs einem ganz geraden Hohlcylinder gleicht, geschieht in der Weise, daß der Embryo sich allmählig von dem Dotter abhebt und gegen diesen letzteren abschnürt. Die Schließung der Bauchhöhle und ihrer Wandungen sowohl als auch diejenige des Darmrohres sind die Folgen dieses Prozesses. Der Embryo liegt nämlich im Beginn seiner Entwicklung, wie wir schon früher erwähnten, flach auf der Dotterflüssigkeit auf, und der Fruchthof geht in seiner ganzen Umgebung rundum in die beiden Säcke über, welche als Fortsetzungen des serösen und des Schleimblattes den Dotter umhüllen. Sobald nun der Embryo sich mehr und mehr ausbildet, so hebt sich zuerst der Kopf des Embryo vollständig von dem Dotter ab. Die Abschnürung schreitet an der unteren Fläche des Halses durch das Hervorsprossen der Kiemenbogen nach hinten zu fort. Mit der ganzen Bauchfläche des Stammes liegt nun der Embryo anfangs noch flach auf dem Dotter auf, allmählig

erhebt er sich aber auch hier und schließt sich von vorn und hinten gegen die Mitte hin fortschreitend von dem Dotter ab. Ich kann kein besseres Bild dieses Vorganges geben, als indem ich meine Leser ersuche, mit beiden Händen an einem Strickstrumpfe, der theilweise über eine Stopfkugel gebreitet ist, eine Falte zu bilden. Die Stopfkugel stellt hier die Dotterflüssigkeit vor, der Strickstrumpf die Keimhaut, welche diese Dotterflüssigkeit einschließt. Nähme man zwei Strümpfe über einander, so würde der innere Strumpf dem Schleimblatte, der äußere dem serösen Blatte entsprechen. Indem man mit beiden Händen in diesen Strümpfen eine Falte zu ziehen versucht, wird man genöthigt seyn, die Strümpfe etwas von der Kugel abzuziehen und in die Höhe zu heben. Wenn man sich nun vorstellt, daß die Ränder dieser Falte, da wo man sie zuerst gefaßt hat, mit einander zusammengenäht würden, und daß dieses Zusammennähen von beiden Seiten her gegen den Mittelpunkt der Falte fortgesetzt würde, bis man die Falte in ihrer ganzen Ausdehnung zusammen genäht hätte, so wird diese ganze Handlung ein richtiges Bild von den Entwicklungsvorgängen bei dem Embryo geben. Im Anfange, wo man das Zusammennähen der Falte begann, bildete diese, von der Stopfkugel her betrachtet, eine lange Rinne, die nur an beiden Enden abgeschlossen war und so etwa im Ganzen die Gestalt eines Weberschiffchens bot. Je mehr man mit dem Zunähen gegen die Mitte hin fortfuhr, desto mehr wurde diese Rinne geschlossen, zuletzt blieb nur noch ein mittleres Loch, nach dessen endlicher Zusammennähung die ganze Falte in ein Doppelrohr verwandelt war, welches nach der Stopfkugel hin keine Oeffnung mehr zeigte.

Wir haben soeben bildlich die Geschichte des primitiven Darmrohres sowohl als auch der Bauchwände geliefert. Zuerst schließt sich von vornen nach hinten das seröse Blatt allmählig ab und bildet so die Bauchwände, die indessen in ihrer Fortsetzung statt den Dotter zu überziehen, sich an das Chorion anlegen und in der früher beschriebenen Weise den Sack des Amnios bilden. Die Vereinigungsstelle der Bauchwände bleibt als

Nabel lange offen, um die Gefäße der Placenta durchtreten zu laſſen. Nach dieſer Abſchnürung beginnt auch diejenige des Schleimblattes, die ſich endlich bis auf eine mittlere Oeffnung vollendet, welche man den Darmnabel genannt hat, und wodurch die Höhle des Darmrohres mit dem Inhalte der Nabelblaſe in Verbindung ſteht. Das Darmrohr bildet demnach, ſobald es einmal auf dieſer Stufe angelangt iſt, ein vollkommen geſchloſſenes Rohr, welches in der Längare des Körpers liegt und weder hinten noch vorn eine Oeffnung hat. Die Wände deſſelben ſind verhältnißmäßig außerordentlich dick, die innere Höhlung nur gering, und das ganze Rohr eigentlich nur ein gerader aus Zellen zuſammengeſetzter hohler Cylinder, deſſen vorderes Ende unmittelbar über dem Herzen in der Nähe des letzten Kiemenbogens ſich befindet, während das hintere Ende in geringer Entfernung von dem Rumpfende ſich befindet.

Sobald die Kiemenbogen ſich gegen einander geſchloſſen und ſo die trichterförmige Höhle gebildet haben, die anfangs als vorderer Eingang des Darmſyſtemes exiſtirt, ſo bricht die vordere Verſchließung des Darmrohres durch und bildet ſo mit der Kiemenhöhle eine continuirliche Röhre. Aehnliches geſchieht an dem hinteren Theile, wo ſich der Angabe der Schriftſteller zufolge eine blinde Grube dem Ende des Darmes entgegen ſtülpt, dieſe endlich erreicht und die Zwiſchenſubſtanz zwiſchen beiden verſchwindet. Sobald Mund und After in dieſer Weiſe einmal angelegt ſind, ſo beruht die weitere Entwicklung des Darmes hauptſächlich auf ſchnellem Auswachſen der Röhre, wodurch dieſe ſich verlängert und ſchlingenartig zuſammenlegt. An einer Stelle und zwar nahe an der vorderen Eingangsſtelle des urſprünglichen geraden Darmrohrs bläst ſich dieſes etwas auf und bildet auf dieſe Weiſe den Magen, der urſprünglich in der Längsaxe des Körpers gelegen iſt, allmählig aber ſich dreht und eine quere Stellung einnimmt. In das Einzelne der Schlingenbildung des Darmrohres, die Verwicklung des Gekröſes und der Netze hier einzugehen, würde einestheils zu weit führen, anderntheils auch durchaus unfruchtbar ſeyn, da dieſe Vorgänge wirklich nur dann

begriffen werden können, wenn man sie an Embryonen selbst untersucht. Figuren führen hier durchaus zu keinem klaren Verständnisse, und noch weniger können dieß Beschreibungen thun, die selbst demjenigen, der die Anatomie des Erwachsenen vollkommen genau kennt, kein anschauliches Bild zu geben vermögen.

Mit dem Darmrohre in Verbindung stehen einige Drüsen, unter welchen die Leber und die Bauchspeicheldrüse die wichtigsten sind. Da man sehr richtig erkannte, daß die Schleimhaut, welche die Gänge dieser Drüsen auskleidet, gleichsam nur eine Fortsetzung der innern Darmschleimhaut sey, so glaubte man hieraus folgern zu dürfen, daß diese Drüsen nur Ausstülpungsbildungen des Darmes seyen. Wenn man schon durch die Faltungen der Keimhautblätter die Bildungen mancher Organe zu erklären suchte, so kostete es Nichts, anzunehmen, daß das Darmrohr an einer gewissen Stelle einen seitlichen Blindsack treibe, daß dieser Blindsack allmählig auswachse, sich mehr und mehr verästele und so allmählig die zahlreichen Blindgänge und Kanäle des Drüsengewebes darstelle. Diese Theorie der Drüsenausstülpung, welche man bald generalisirte, stützte sich indeß auf Thatsachen, welche ihr einigen Halt gaben. Man hatte beobachtet, daß die Drüsen in ihrer ursprünglichen Anlage kleine knotenförmige Hügel bildeten, welche dem Darmrohre unmittelbar aufgesetzt waren, daß sie nur wenige und kaum verästelte Kanäle im Innern zeigten, und daß die Zahl dieser Kanäle und ihre Verästelung mehr und mehr mit der Entwicklung des Embryo zunahm.

Die neuere Zeit, indem sie uns mit dem Zellenleben bekannt machte, konnte auch den richtigen Schlüssel zu diesen Erscheinungen geben, und während sie die mechanischen Vorstellungen, die sich mit der Ausstülpungstheorie verbunden hatten, zurückwies, zeigte sie zugleich, daß der Ausstülpung selbst einige Wahrheit zu Grunde liege. Man hat in neuerer Zeit hauptsächlich bei Fischen und Säugethieren die Bildung der Leber verfolgt, und wenn auch in dem Einzelnen einige Verschiedenheiten sich zeigen, so ist doch im Ganzen der Prozeß der nämliche.

Bei den so durchsichtigen Fischembryonen bemerkte man, daß nach der theilweisen Schließung des Darmrohres am vorderen Ende desselben eine ziemlich bedeutende compakte Zellenanhäufung sich zeigte, in welcher anfangs durchaus keine Höhlung zu bemerken war. Nach und nach entstehen in dieser Zellenmasse durch Auseinanderweichen zwei blindsackähnliche Höhlen, deren eine in gerader Richtung nach vorn hin sich ausbildet, während die andere nach unten abweichend, sich krümmt. Die vordere dieser Höhlen bildete die bei den Fischen so kurze Speiseröhre; der mehr nach unten gerichtete Blindsack, um welchen sich die größere Menge von Zellen anhäufte, entsprach der Leber. Die Bildung der Drüsenkanäle schritt nun in der Weise fort, daß die anfangs compakten Zellenmassen auseinanderwichen und stets mehr und mehr verzweigte Gänge bildeten, die sich endlich so verästelten, daß man ihrer ferneren Entwicklung kaum mehr folgen konnte. Diesen Beobachtungen zufolge sind demnach die Drüsengänge unzweifelhaft Intercellulargänge, entstanden durch das Auseinanderweichen ursprünglich compakter Zellenmassen. Man kann in gewisser Beziehung sagen, daß sich die Darmhöhle allmählig in die compakte Zellenmasse der Drüse hineingebildet habe, und in diesem Sinne kann man auch die Ausstülpung des Darmes in die Drüse hinein vertheidigen.

Bei den Säugethieren hat man, in der letzten Zeit namentlich, die Entwicklung der Leber in ihrem Uranfange ebenfalls beobachtet. Die Wände des Darmrohres sind hier aus äußerst dicken Zellenlagen gebildet, und längs der inneren Fläche scheidet sich schon sehr frühe eine aus helleren Zellen bestehende dünne Schicht ab. Die erste Anlage der Drüse zeichnet sich nun als eine kaum bemerkbare Verdickung aus, welcher eine kleine Ausbiegung der hellen, inneren Darmlage entspricht. Je mehr sich nun dieser Höcker entwickelt, desto weiter dringt auch diese Ausbiegung vor und bildet fortwachsende, sich verästelnde Höhlungen, die von der ursprünglichen Ausbiegung der inneren Darmlage ausgehen. Diese Aushöhlungen entstehen stets auf Kosten compakter Zellenmassen, welche anfangs schon im Innern des

Gesammthaufens als solide Stränge erscheinen, die späteren Hohlgänge gleichsam vorzeichnen und sich durch Auseinanderweichen in der Axe aushöhlen. Man sieht also, daß auch hier die Drüsenkanäle anfänglich hohle Intercellularräume darstellen und daß ihre Haut, welche den Drüsenkanal auskleidet, wahrscheinlich auf die Weise entsteht, daß die auseinandergewichenen Zellen mit einander verschmelzen und eine membranöse Schicht bilden.

In denjenigen Drüsen, welche von Anfang an in keinem Zusammenhange mit dem Darmrohre stehen, wie z. B. in den Hoden, entwickeln sich die Drüsenkanäle dennoch auf ganz analoge Weise. Diese Organe stellen anfänglich eine compakte Zellenmasse dar, in welchen sich nach und nach durch Auseinanderweichen verzweigte Intercellularräume bilden, die erst später mit dem Ausführungsgange in Verbindung treten.

Die Leber ist von allen drüsigen Organen der Bauchhöhle dasjenige, welches bei dem Embryo in weit bedeutenderem Maße entwickelt ist als selbst im Erwachsenen. Diese verhältnißmäßig so ansehnliche Größe der Leber, die um so bedeutender ist, je jünger die Embryonen sind, erklärt sich leicht aus der innigen Beziehung, in welcher diese Drüse bei dem Fötus zu der Entwicklung des Blutes steht; eine Beziehung, von welcher wir später, bei dem Blutsysteme, einiges Nähere angeben werden.

Die Lungen sind hinsichtlich ihrer Entwicklung noch nicht so genau bekannt, als dieß wohl wünschbar wäre. Sie scheinen mit dem Kehlkopfe, der Luftröhre, dem Schlundkopfe und der Speiseröhre aus einer und derselben Zellenmasse zu entstehen, die sich erst nach und nach differenzirt. Bei den jüngsten Säugethierembryonen, bei welchen man überhaupt die Lungen erkennen konnte, sah man hinter der Kiemenhöhle in einer ziemlich dicken Zellenmasse eine blasenförmige Erweiterung, die nach hinten zu in zwei seitliche flaschenförmige Blindsäcke endigte, zwischen welchen in der Mitte die gerade Speiseröhre herabstieg. Es war also etwa hier ein Verhältniß, wie man es bei den Fröschen bleibend ausgebildet findet, wo ebenfalls unmittelbar aus einer gemeinschaftlichen Höhle die blasenförmigen Lungensäcke und die

Speiseröhre ausgehen. In späteren Zeiten sah man bei den Embryonen die beiden Lungen in Form kolbiger Hügel, die unmittelbar der Speiseröhre aufzusitzen schienen, bei genauerer Untersuchung aber mit einer isolirten Luftröhre in Verbindung standen, die hart an der vorderen Wand der Speiseröhre anlag, durch Druck aber sich von derselben trennen ließ. Es scheint demnach, daß anfänglich nur eine gemeinschaftliche Anlage für diese Organe vorhanden ist, und daß die ursprünglich einfache Röhre, in welche die Lungen und die Speiseröhre münden, sich bei fortschreitender Entwicklung in Luftröhre und Kehlkopf einerseits, Schlundkopf und oberen Theil der Speiseröhre andererseits trenne.

Die Verzweigungen der Kanäle, welche das Lungengewebe durchsetzen, scheinen in ähnlicher Weise sich auszubilden, als in den Drüsen, obgleich ihre vollständige Ausbildung nur erst spät eintritt, wie denn die Lungen überhaupt während des Embryonallebens durchaus nicht diejenige Bedeutung haben, welche ihnen später zukommt. Bei den Erwachsenen geht, wie wir früher gesehen haben, das sämmtliche Blut durch die Lungen, um hier in Berührung mit der atmosphärischen Luft die gasförmigen Stoffe auszutauschen. Bei dem Embryo kann kein Zutritt der atmosphärischen Luft stattfinden, und die Lungen haben deßhalb keine größere Blutzufuhr, als diejenige, welche nöthig ist, das Organ zu ernähren. Die große Masse des Blutes geht, wie wir später sehen werden, an den Lungen vorbei durch einen eigenen Kanal, welcher aus der Lungenarterie in die Aorta führt. Bis zu der Geburt erscheinen deßhalb die Lungen mehr als compakte drüsige Organe, welche die Brusthöhle nur zum Theil ausfüllen, und namentlich im Verhältniß zu dem Herzen um so kleiner sind, je jünger der Embryo ist.

Die Harn- und Geschlechtsorgane als die letzte Gruppe der Baucheingeweide haben von jeher den Embryologen sehr viel zu schaffen gemacht, da sowohl die äußeren Metamorphosen, welche sich im Bereiche dieser Organe zeigen, äußerst mannigfaltig sind, als auch die inneren Theile derselben sehr merkwürdige successive Veränderungen eingehen. Es war zuerst in der

Sphäre dieser Organe, daß man von der Unvollständigkeit jener Theorie sich überzeugen mußte, welche alle Organe ohne Ausnahme durch Faltungen der ursprünglichen drei Blätter der Keimhaut entstehen lassen wollte. Man wußte nicht, welchem von beiden Blättern, dem Gefäß- oder dem Schleimblatte, man die inneren keimbereitenden Geschlechtsorgane zuschreiben solle, und bei den äußeren Harn- und Geschlechtsorganen kamen gar alle drei Blätter in einen solchen Conflikt, daß es unmöglich war, sich herauszufinden. In jetziger Zeit ist man wohl über die Entwicklung dieser Organe im Reinen. Sie entstehen nicht aus den ursprünglichen Blättern der Keimhaut in der Weise, wie das centrale Nervensystem oder der Darmkanal, sondern sie entwickeln sich aus nachträglich abgesonderten Zellenmassen, die ursprünglich isolirt für sich dastehen und erst später mit den Gebilden des Schleimblattes in Verbindung treten. So lange man noch absolut in der Theorie der drei Blätter befangen war, konnte man diese isolirte Entstehungsweise der in Rede stehenden Organe freilich nicht anerkennen, wenn auch die Beobachtungen darauf hinwiesen.

Schon bei sehr jungen Embryonen, bei welchen die Darmrinne kaum angelegt ist, zeigt sich auf der inneren Fläche der entstehenden Wirbelsäule über der Darmrinne eine lang gestreckte Anhäufung von Bildungsmaterial, welche sich in Form zweier seitlicher Streifen von dem Herzen bis gegen das Rumpfende hin fortzieht. Betrachtet man diese Bildungsmasse näher, so sieht man, daß jeder Streifen aus einer Reihe kolbiger Fortsätze besteht, die etwa aussehen, wie die Zähne eines Kammrades. Die abgerundeten Enden dieser Kammzähne sind gegen die Mittellinie hingewendet, während man zu beiden Seiten nach außen zwei compakte Streifen bemerkt, in welchen die Basen der Kammzähne zusammenfließen. Anfangs sind diese beiden Streifen mit ihren Kammzähnen solid, Aggregationen compakter Zellenmassen, die sich aber später aushöhlen, und nun, wie leicht begreiflich, eine Reihe von queren Blindsäcken darstellen, deren kolbige Enden gegen die Mittellinie zugekehrt sind, während sie sich sämmtlich in zwei gemeinschaftlichen, auf der äußeren Seite

verlaufenden Ausführungsgängen öffnen. Nach und nach verknäueln sich diese queren Schläuche so unter einander, daß sie ein compaktes Organ darstellen, eine förmliche symmetrische Drüse, welche zu beiden Seiten der Wirbelsäule durch die ganze Länge der Bauchhöhle sich hinabzieht, und deren Ausführungsgang sich in die Allantois oder den Harnsack öffnet.

Man hat diese Organe nach ihrem ersten Entdecker die Wolffischen Körper, die Ur- oder Primordial-Nieren genannt. Sie finden sich bei allen Embryonen in der angegebenen Weise, doch in größerer oder geringerer Erstreckung, und sind um so stärker entwickelt, je jünger der Embryo ist. Ebenso kann man im Allgemeinen sagen, daß sie um so früher verschwinden, einer je höheren Klasse der Embryo angehört. Bei den Fischen bestehen diese Organe das ganze Leben hindurch und werden gemeiniglich mit dem Namen der Nieren bezeichnet. Man braucht bei dem ersten besten Fische nur die Baucheingeweide sämmtlich zu entfernen, so wird man zunächst an der Wirbelsäule, von einer fibrösen Haut verdeckt, die Nieren oder vielmehr die Wolffischen Körper in Gestalt eines langgestreckten Organes von meist dunkel schwärzlicher Farbe finden, das deutlich seine Zusammensetzung aus zwei Hälften zu erkennen gibt. Bei den Amphibien, besonders den Fröschen, bestehen die Wolffischen Körper nur während der Zeit des Larvenlebens, und zwar zeigen sie sich hier nur in dem obern Theile der Bauchhöhle entwickelt. Bei Reptilien und Vögeln finden sie sich während der ganzen Zeit des embryonalen Lebens, verschwinden aber allmählig gegen das Ende desselben. Bei den Säugethieren erhalten sie sich höchstens bis zu der Mitte des Fötuslebens, und bei den Menschen entwickeln sie sich nur höchst wenig und verschwinden schon gänzlich in dem zweiten Monat.

Es war natürlich, daß man sich vom Anfang an mit der Frage nach der Bedeutung dieser räthselhaften Organe beschäftigte, welche nur eine embryonale Existenz besitzen, und mit dem Auftreten der eigentlichen Nieren zu Grunde gehen. Jetzt, wo man weiß, daß sie zugleich mit der Allantois entstehen, kann es wohl

keinem Zweifel mehr unterliegen, daß sie wirkliche Drüsen sind, welche ein Sekret liefern, das durch seine chemische Zusammensetzung Aehnlichkeit mit dem Urine hat. Der Bau dieser Wolffischen Körper ist sogar durch Entwicklung Malpighischer Gefäßknäuel demjenigen der Nieren durchaus analog. Die Funktion der Wolffischen Körper steht demnach in der nämlichen Beziehung zu dem embryonalen Leben, in welcher diejenige der Nieren zu dem Leben des Erwachsenen sich befindet. Der Harnsack ist das ursprüngliche Reservoir, in welches bei den höheren Wirbelthieren das Sekret der Wolffischen Körper sich ablagert, und seine Entwicklung steht in gewissem Verhältniß zu der Ausbildung der Urnieren. Deßhalb sehen wir auch bei dem Menschen, wo der Harnsack so früh verschwindet, und nur eine sehr geringe Ausbildung erlangt, die Urnieren nur eine äußerst geringe Stufe der Entwicklung erreichen. Nicht minder merkwürdige Beziehungen bieten diese Körper zu den Kiemen, und man kann wohl mit vollem Rechte sagen, daß Kiemenathmung und Wolffische Körper, Lungenathmung und eigentliche Nieren einander wechselseitig bedingen. Die chemische Untersuchung des Sekretes im Verhältniß zu dem Ergebnisse der Athemfunktion dürfte indeß über diese letztere Beziehung weit mehr Aufschluß ertheilen, als alle anatomischen Studien.

Die Nieren stehen ohne Zweifel in einem bestimmten Wechselverhältnisse zu den Wolffischen Körpern, obgleich auch daraus durchaus noch nicht folgt, daß sie auf Kosten und aus der Substanz der Wolffischen Körper sich entwickelten. Sie entstehen vielmehr aus einer besonderen Bildungsmasse, welche sich auf der Rückenfläche der Wolffischen Körper zwischen diesen und der Wirbelsäule ansammelt, und dort zwei ovale solide Zellenanhäufungen bildet, die man von der Bauchfläche her erst ansichtig wird, sobald man die Wolffischen Körper entfernt hat. Die Harnkanäle entstehen in den Nieren durchaus so, wie in den übrigen Drüsen durch Auseinanderweichen der ursprünglich soliden Zellenmassen. Schon von Anfang an scheint von der ovalen Zellenanhäufung der Nieren ein solider Zellenstrang

auszugehen, der nach unten hin sich erstreckt, sich später aushöhlt und den Harnleiter mit dem Nierenbecken bildet. Erst wenn die Entwicklung der Nierenkanäle im Innern der soliden Zellenanhäufung einen gewissen Grad erreicht hat, erhält die Niere ein traubiges oder lappiges Ansehen, das dadurch hervorgebracht wird, daß das Zellenmaterial sich mehr um die einzelnen Drüsenkanäle zusammendrängt und dort dichter erscheint als in den Zwischenräumen. Man hat behauptet, dieses lappige Ansehen der Nieren, welches bei manchen Thieren, wie z. B. dem Bären, während des ganzen Lebens sich erhält, bezeichne die primitive Anordnung dieser Drüse, die aus einzelnen Läppchen zusammenwachse, und auf diese falsche Ansicht gestützt, hat man noch neuerdings gewagt, die schwindelndsten Theorien hinsichtlich der Vergleichung des Embryo mit niederen Säugethieren aufzustellen. Man sieht, daß diese Phantasien durchaus durch die Beobachtungen widerlegt werden.

Die keimbereitenden Geschlechtsorgane, Hoden und Eierstöcke scheinen etwa in gleicher Zeit mit den Nieren oder selbst kurz vor diesen aufzutreten. Sie entwickeln sich aus einem isolirten Häufchen von Zellenmaterial, welches einen länglichen Streifen bildet, das an dem innern Rande der Wolffischen Körper und zwar auf der Bauchfläche derselben sich ablagert. Durch diese Lagerung ist es allein möglich, die keimbereitenden Geschlechtsorgane von den Nieren zu unterscheiden, da sehr bald die ursprünglich längliche Form derselben mehr rundlich wird und dadurch derjenigen der Nieren näher tritt. Es ist begreiflicher Weise in den ersten Zeiten unmöglich, Hoden und Eierstöcke von einander zu unterscheiden, da beide aus einem Häufchen Zellenmaterial zusammengesetzt sind, das noch keine specifisch gesonderten Gewebtheile in sich entwickelt hat. Indeß bildet sich diese Verschiedenheit schon sehr bald aus, indem der Hoden mehr rundlich wird, und im Innern die röhrigen Samenkanäle zeigt, während der Eierstock platt und länglich bleibt, zugleich sich schief stellt und nach und nach die quere Position einnimmt, welche er bei dem Erwachsenen hat. In den Eierstöcken der

höheren Thiere entwickeln sich ferner niemals solche Röhren, wie in den Hoden, sondern im Gegentheile die von Anfang an in sich abgeschlossenen Follikel, welche nach den neuesten Beobachtungen sogar früher entstehen sollen als die Eichen, obgleich es aus der Analogie mit andern Thieren wahrscheinlicher seyn dürfte, daß sich der Follikel erst secundär um das Eichen herumbildet. Die ausführenden Geschlechtstheile, nämlich Samenleiter und Eileiter entwickeln sich zur Seite des Ausführungsganges des Wolffischen Körpers in der Weise, daß sie anfänglich solide Stränge darstellen, die an der innern Seite dieser Ausführungsgänge sich hinziehen, dann hohl werden und an dem vordern Ende, wo sie an die keimbereitenden Organe anstoßen, eine längliche Spalte als Mündung besitzen. Bei dem weiblichen Geschlechte bleibt diese offene Spalte als Trichter des Eileiters zurück; — bei dem männlichen Geschlechte hingegen verwächst das anfangs offene vordere Ende auf noch nicht näher erörterte Weise mit dem Hoden und bildet so wahrscheinlich den Nebenhoden mit dem Samengang. Die ausführenden Geschlechtsorgane entwickeln sich demnach durchaus isolirt von den keimbereitenden, mit denen sie erst in späterer Zeit bei dem männlichen Geschlechte wenigstens zusammentreten.

Es läge uns hier noch ob, des Genaueren einzugehen auf die Bildung der äußeren Geschlechtstheile, sowie der Reservoirs, die sich an den Harn- und Geschlechtsorganen in verschiedener Weise ausbilden. Die Entstehung der Harnblase verdient hier vor allem eine nähere Berücksichtigung, da sie mit derjenigen des Harnsackes in näherer Beziehung steht, der, wie wir oben gesehen haben, zur Ausbildung der Placenta so Vieles beiträgt und für die Ernährung des Fötus eine höchst wichtige Rolle spielt. Der Harnsack selbst scheint aus zwei ursprünglich getrennten Zellenmassen zu entstehen, welche aus dem hintern Körperende hervorwuchern und ursprünglich durchaus solide Massen darstellen. Diese beiden Zellenhügel vereinigen sich indeß sehr bald, werden hohl und treten nun mit dem Darmkanal in nähere Verbindung, so daß die Höhle des Harnsackes in das

hintere Ende des Darmes einmündet. Man glaubte aus diesem Grunde früher, wo man die anfängliche Entstehungsweise des Harnsackes noch nicht kannte, daß derselbe eine blasenartige Ausstülpung der Bauchfläche des Darmrohres sey. Der Harnsack wächst, wie wir früher gesehen haben, sehr schnell über den Embryo hinaus, legt sich mit seinem kolbigen Ende an die zottige Fläche des Chorion an und leitet auf diese Weise die Nabelgefäße zu der Ansatzstelle der Placenta. Indem nun die Bauchdecken des Embryo von allen Seiten her gegen den Nabel sich schließen, wird der Harnsack in seiner Mitte zusammengeschnürt und, gleich einem Zwerchsacke, in zwei Hälften getheilt, eine äußere, die vom Nabel zur Placenta reicht, bei den Menschen sehr bald verkümmert und den soliden Nabelstrang bilden hilft und eine innere, welche in den Bauchdecken eingeschlossen, von dem Nabel bis zu dem hinteren Darmende sich erstreckt. Die hintere Portion dieses inneren Sackes wird zur Harnblase, während die vordere ebenfalls in einen soliden Strang sich umwandelt, welchen man bei dem Erwachsenen unter dem Namen des Harnstranges oder Urachus kennt.

Es geht aus dieser Darstellung hervor, daß ursprünglich für den ganzen untern Theil der Geschlechts- und Harnorgane, sowie des Darmes nur eine gemeinschaftliche Höhle existirt, in welche die Allantois auf der vorderen Fläche einmündet. Zuerst trennt sich nun der Darm von dem Harnsacke und den ausführenden Harn- und Geschlechtstheilen, welche in den Harnsack einmünden. Es hat demnach dann der Fötus eine gemeinschaftliche Ausmündung für die Harn- und Geschlechtsorgane, eine andere für den Darm. Diejenigen Theile, welche wir bei den Erwachsenen als äußere bezeichnen müssen, fehlen durchaus. Die Entwicklung derselben, namentlich aber ihr Verhältniß zu den ausführenden Organen ist noch in manches Dunkel gehüllt, und wir können um so weniger in dieselbe eintreten, als sie eine Kenntniß der Anatomie dieser Theile voraussetzen würde, die wir aus leicht begreiflichen Gründen nicht näher behandelt haben. So viel muß indeß hier bemerkt werden, daß die Form

der äußeren Geschlechtstheile ursprünglich bei beiden Geschlechtern außerordentlich ähnlich ist, und daß es nur leichter Hemmungen in der Entwicklung dieser oder jener Theile bedarf, um jene mannigfaltigen Mißbildungen zu erzeugen, die man öfter als Hermaphroditen ausgegeben hat. Bei allen diesen Mißbildungen ist das Geschlecht sehr deutlich durch die Struktur der innern keimbereitenden Organe zu erkennen, wenn auch die äußeren Theile noch so sehr abweichen. Daß beide Geschlechter auf einem und demselben Individuum vereinigt seyn könnten, ist bei den höheren Säugethieren und dem Menschen durchaus undenkbar, weßhalb man auch bei diesen Geschöpfen nicht von Hermaphroditismus im eigentlichen Sinne des Wortes reden kann. Aus der früheren Aehnlichkeit der äußeren wie der inneren Geschlechtstheile, aus der Unmöglichkeit, Hoden und Eierstöcke von Anfang an zu unterscheiden, hat man eine Menge der lächerlichsten Ansichten über anfängliche Geschlechtslosigkeit, ursprüngliche Weiblichkeit des Embryo u. s. w. ausgesponnen, die begreiflicher Weise keiner Beachtung werth sind. So gewiß als das Ei ursprünglich die Anlage zu allen Organen des Embryo in sich schließt, wenn dieselben auch nicht sichtlich hervorteten, so gewiß befindet sich auch von Anfang an in ihm die Anlage der speciellen Geschlechtsorgane, die dann in die äußere Erscheinung treten, wenn es der Typus der Gattung erfordert.

Sechsundzwanzigster Brief.

Das Blutgefäßsyſtem.

Bei der Entwicklung des Blutgefäßſyſtemes kommen ſo mannichfach verwickelte Proceſſe in Betracht, daß es nothwendig erſcheint, die Ausbildung dieſes ſo wichtigen Syſtemes je nach ſeinen verſchiedenen Elementartheilen zu betrachten. Es wird deßhalb erſprießlich ſeyn, zuerſt von der Entſtehung des Herzens, des erſten Kreislaufes, des Blutes und der Gefäße zu ſprechen, und dann erſt anzudeuten, in welcher Weiſe die urſprünglichen Anlagen des Blutſyſtemes ſich umgeſtalten, um diejenige Form des Kreislaufes hervorzubringen, die wir ſchon früher aus dem Erwachſenen kennen gelernt haben.

Die älteren Beobachter hielten ſo ziemlich allgemein dafür, daß das Herz das erſte Organ ſey, welches bei dem Embryo ſich bilde, und in Folge dieſes Beobachtungsfehlers glaubten ſie, daß von dem Herzen als Centralpunkt aus eigentlich die Entſtehung ſämmtlicher anderer Organe bedingt werde, und das Herz demnach ebenſo wichtig für die Embryonalbildung ſey, als es für das ſpätere Leben erſcheint. Der Irrthum in der Beobachtung rührte hauptſächlich von dem Umſtande her, daß die älteren Beobachter die ſo durchſichtigen Uranlagen des Nervenſyſtemes überſahen, das Herz dagegen ſeiner rothen Farbe und lebhaften Bewegungen wegen bald unterſchieden. Wenn indeß dieſe Anſicht auch durch ſpätere Unterſuchungen ſich als falſch erwieſen hat, ſo kann dennoch das frühzeitige Erſcheinen des Herzens als ein weſentlicher Charakter der Wirbelthiere angeſehen

werden. Bei vielen wirbellosen Thieren ist das Herz das letzte Organ, dessen Anlage man unterscheiden kann; bei allen ohne Ausnahme sind die meisten Organe des Leibes schon auf einer bedeutenden Stufe der Ausbildung angelangt, ehe das Herz sich zu zeigen beginnt. Bei den Wirbelthierembryonen hingegen muß man, um die erste Bildung des Herzens zu sehen, auf die früheste Zeit der embryonalen Entwicklung zurückgehen, auf diejenige Zeit nämlich, wo der Embryo noch ganz flach mit der Bauchfläche über dem Dotter ausgebreitet ist und die primitiven Hirnblasen, die Chorda und die ersten Wirbelplatten eben angelegt sind. Der Embryo beginnt zu dieser Zeit mit dem Kopfende sich von der Dotterfläche abzuheben. Während nun das Kopfende sich loslöst und eine untere freie Fläche zeigt, erblickt man an dieser Bauch- oder Dotterfläche des Kopfes eine cylindrische Zellenanhäufung, welche in der ganzen Länge des Kopfes von vorn nach hinten verläuft. Etwa in der Gegend, wo das Nachhirn endet, oder noch ein wenig hinter diesem Orte, nämlich an der Stelle, wo die vordern Extremitäten hervorbrechen werden, läuft diese Zellenanhäufung in zwei seitliche Schenkel aus, die sich unbestimmt nach der Seite hin über die Gränze des Embryos ausdehnen und auf der Dotterfläche verlieren, ohne genau begränzt werden zu können. Dieser solide, hinten zweischenklige Zellencylinder ist die Uranlage des Herzens, die anfangs ganz horizontal und gerade auf dem Dotter liegt, oder vielmehr zwischen dem Vorderende des Embryo nach außen und dem Schleimblatte nach innen eingeschlossen ist. Bei den Säugethieren, wo durch die Entwicklung der Kopfbeuge der vordere Theil des Kopfes, wie oben ausgeführt wurde, gegen den Dotter hin eingeknickt wird, behält das Herz so ziemlich seine horizontale Lage, bei den Fischen aber z. B., wo die Kopfbeuge nur angedeutet, die Nackenbeuge aber etwas stärker entwickelt ist, stellt sich das Herz zu einer gewissen Zeit des Embryonallebens fast senkrecht gegen die Körperaxe.

Bei diesen letzteren Thieren, deren Embryonen außerordentlich durchsichtig sind, kann man sich sehr leicht überzeugen, daß

das Herz ursprünglich wirklich eine vollkommen solide Zellenmasse darstellt, die keine Höhlung in ihrem Innern enthält. Nach und nach entwickelt sich diese Höhlung in der Axe des Herzstranges, und zwar wahrscheinlicher Weise durch Auseinanderweichen, vielleicht auch durch theilweise Auflösung der Zellen, die in dem Centrum des Stranges sich befinden. Sobald diese innere Höhlung angelegt ist, so beginnen auch die abwechselnden Zusammenziehungen des Herzens, obgleich dasselbe nur noch aus einfachen runden Zellen besteht, welche noch nicht sich zu Fasern ausgebildet haben. Die meisten neueren Beobachter haben sich von dieser Thatsache überzeugt, und manche derselben haben in diesen Zusammenziehungen eines nur bloß noch aus Zellen zusammengesetzten Organes mit vollem Rechte einen Beweis der Contraktilität der ursprünglichen Zellenmembranen gesehen. Gewiß ist auch, daß die Höhle des Herzschlauches in der ersten Zeit ihrer Bildung durchaus für sich abgeschlossen ist, daß diese Höhle anfänglich weder nach vorn in Gefäße des Embryo, noch auch nach hinten in die beiden Schenkel der Herzanlage sich fortsetzt, und daß die in ihr befindliche Flüssigkeit durch die rhythmischen Zusammenziehungen des Herzschlauches abwechselnd hin- und herbewegt wird, ohne einen Ausgang zu finden. Man kann dieß am leichtesten aus dem Umstande ersehen, daß öfters einige Zellen von der innern Herzwand sich loslösen und dann in der Herzhöhle mit der darin enthaltenen Flüssigkeit auf und niedergetrieben werden, ohne aus dem Herzschlauche entweichen zu können.

Es geht aus diesen Beobachtungen, in welchen die neuern Forscher bei den verschiedensten Thieren übereinstimmen, hervor, daß das Herz durchaus isolirt für sich entsteht, daß seine Höhlung ursprünglich mit keinen Gefäßen im Zusammenhange ist, und daß diese Höhle als ein großer Intercellularraum angesehen werden muß, dessen Wände durch die Zellenmassen des Herzschlauches gebildet werden. Es ist in dieser letzteren Beziehung völlig gleichgültig, ob dieser innere Raum durch Auflösung und Zerfließen der centralen Zellen des Herzschlauches gebildet werde,

oder aber durch Auseinanderweichen derselben; welches letztere indeß aus dem Grunde wahrscheinlicher ist, weil oft einzelne losgerissene Zellen im Innern herumgetrieben werden. In beiden Fällen bleibt indeß die Bedeutung der Herzhöhle als Intercellularraum wesentlich bestehen.

Während man die erste Bildung des anfänglichen Herzschlauches beobachtet, entwickelt sich zugleich auf der Oberfläche des Schleimblattes in der Umgebung des Embryo eine eigenthümliche Schicht von Zellen, welche hauptsächlich dazu bestimmt sind, die ersten Elemente des Blutes in sich auszubilden. Im ganzen Umfange eines Kreises nämlich, den man von der Mitte des Embryo aus ziehen würde, und dessen Durchmesser etwa um ein Viertheil länger seyn würde, als der Embryo, in dem Umfange eines solchen Kreises, sage ich, kann man bald nach dem Erscheinen der ersten Anlage des Herzens eine hautartige Zellenschicht unterscheiden, welche ein gefleckes Ansehen bietet, indem dunklere Inseln von Maschen hellerer Substanz durchzogen sind. Diese hautartige Zellenschicht, welche anfangs mit dem Schleimblatte in engem Zusammenhange steht, später aber von ihm abgelöst werden kann, ist dasjenige, was ältere und neuere Embryologen das Gefäßblatt genannt haben. Trotz der Trennung, welche man zwischen diesem Gefäßblatte einerseits und dem Schleimblatte andererseits vornehmen kann, darf indeß dasselbe dennoch nicht mit den andern Blättern der Keimhaut in gleichen Rang gestellt werden, da es, wie wir sogleich sehen werden, an der Bildung der Organe des Rückens keinen Antheil nimmt, sondern außerhalb des Embryo auf dem Dotter verbleibt. Um dieser Ursache willen möchte es geeigneter seyn, dieses Gefäßblatt unter dem Namen der blutbildenden Schicht zu bezeichnen.

In ihrer Peripherie ist die Blutbildungsschicht rundum durch einen dunkleren Kreis genau abgegränzt, der nur dem Kopfende des Embryo gegenüber unterbrochen ist. Beobachtet man nun die Blutbildungsschicht weiter in ihrer Entwicklung, so sieht man, daß in dem Umkreise der dunklen Stellen die helleren

Zwischenlagen allmählig auseinander weichen. Auf diese Weise entstehen Rinnen, welche die dunklen Zellenanhäufungen umgeben, so daß diese von Flüssigkeit umspült werden, welche sich in den Rinnen ansammelt. Die Rinnen begränzen sich immer mehr und mehr durch das Aneinanderschließen der helleren, maschenartige Figuren bildenden Zellenmassen und diese Maschen vereinigen sich von beiden Seiten her allmählig gegen die Stellen hin, wo die beiden Schenkel des Herzschlauches in die Blutbildungsschicht übergehen. Auf diese Weise bilden sich also mit einander zusammenhängende Maschenräume, in welchen Haufen von dunklen Embryonalzellen abgelagert sind, die sich zu Blutkörperchen ausbilden, während die umgebenden auseinandergewichenen helleren Zellenmassen die ersten Gefäßwandungen darstellen. Anfangs erscheinen diese in der Blutbildungsschicht entstandenen Maschenräume noch für sich isolirt. Sobald sie aber so weit herangebildet sind, daß man ihre Höhlen bemerken kann, so haben sich diese Höhlen auch von beiden Seiten her mit den hintern Schenkeln des Herzschlauches verbunden und in diesen geöffnet. Mit der Herstellung dieser Verbindung beginnt auch der erste Kreislauf, indem die rhythmischen Zusammenziehungen des Herzens, welche schon vorher thätig waren, auch auf die in den Maschenräumen der Blutbildungsschichte befindliche Flüssigkeit ihre Wirkung fortpflanzen. Um diesen ersten Kreislauf zu begreifen, ist es indessen nöthig, auch diejenigen Gefäße zu berücksichtigen, welche sich in dem Körper des Embryo selbst gebildet haben. Der Herzschlauch selbst hat sich nämlich während der Ausbildnng der Gefäße verlängert und Sförmig zusammengekrümmt. Während man früher sein vorderes Ende nicht deutlich unterscheiden konnte, so kann man sich jetzt überzeugen, daß er nach vorn ebenso wie nach hinten in zwei Schenkel sich theilt, die sich gegen die Schädelbasis hin um die Speiseröhre herumbiegen, über derselben und unter der Wirbelsaite nach hinten zu sich vereinigen und so einen kurzen Stamm bilden, der längs der Chorda gegen den Schwanz hin verläuft. Der Herzschlauch endigt also nach vorn in zwei Aortenbogen, welche durch ihre

Vereinigung eine mittlere Aorta bilden. Diese theilt sich in ihrem Verlaufe nach hinten zu in zwei seitliche Stämme, die längs der Wirbel bis zu dem Körperende verlaufen und nach beiden Seiten hin quere Aeste aussenden, die sich ebenfalls in der Blutbildungsschicht verzweigen.

Der erste Kreislauf des Embryo geht demnach in folgender Weise vor sich. Aus dem Sförmig gekrümmten Herzschlauche wird das Blut in die beiden Aortenbogen getrieben, strömt durch die anfangs ganz einfache Aorta, dann durch die beiden aus derselben entstehenden Wirbelarterien nach hinten, und vertheilt sich endlich in maschenförmigen Netzen durch die aus den Wirbelarterien entspringenden seitlichen Dotterarterien auf der Bildungsschicht. Der dunkle Kreis, welcher die Peripherie dieser Schicht begränzte, hat sich in ein zusammenhängendes Gefäß, die sogenannte Kreisvene umgewandelt, welche den Embryo fast überall umgibt, in der Nähe des Kopfes aber einbiegt und so zwei Stämme bildet, in welchen das Blut gegen die beiden Schenkel des Herzschlauches hinströmt. Ebenso sammelt sich dem Hintertheile des Embryo entsprechend, das Blut in zwei seitlichen Stämmen, in welchen es von hinten nach vorn gegen die Herzschenkel strömt, um von da aus durch das Herz die Bahn von neuem wieder zu beginnen. Betrachtet man einen Embryo aus dieser Periode, der mit ausgebreitetem Gefäßblatte auf dem Rücken liegt, so erscheint der Fötus als die Are zweier Halbmonde, die mit ihren hinteren Spitzen zusammenstoßen, vorn aber von einander getrennt sind. Die äußere Peripherie dieser Halbmonde wird von der Kreisvene, die innere von den sogenannten Nabelblasenvenen gebildet; — in der Mitte etwa hängen die Halbmonde durch zwei vorspringende Zipfel, die Herzschenkel, mit dem Herzschlauche zusammen. Es erscheint also dieser erste Kreislauf im Verhältniß zu dem Embryo als ein durchaus äußerlicher, maschenartige, den Capillaren entsprechende Gefäße zeigen sich nur in der Blutbildungsschicht, nicht aber in der Embryonalsubstanz, in welcher außer der Aorta und den beiden Wirbelarterien durchaus keine Gefäße sich finden. Der erste Kreislauf ist also offenbar

darauf berechnet, ein Capillarnetz in der Blutbildungsschicht in größter Nähe mit dem Dotter auszubilden, und damit die Zufuhr von Substanz aus dem Dotter zu vermitteln.

Es würde für den Zweck unserer Darstellung zu weit führen, wollten wir hier auseinander setzen, in welcher Weise dieser erste Kreislauf sich allmählig abändert und wie er durch die mannigfaltigsten Umbildungen in diejenige Form übergeht, welche wir bei dem ausgetragenen Fötus erblicken. Der Herzkanal, der früher einfach war, schlingt sich allmählig mehr und mehr zusammen, erweitert sich an gewissen Stellen, während er an andern sich zusammenschnürt, und entwickelt sich endlich durch die mannigfaltigsten Verwachsungen zu jener Form, welche wir in einem früheren Briefe bei dem Erwachsenen kennen gelernt haben. Mit der weitern Ausbildung der embryonalen Organe entstehen auch in diesen Gefäße, welche, ihrem Verlaufe nach die mannigfaltigsten Metamorphosen durchgehen, ehe die bleibende Gestalt des Kreislaufes hervorgebracht ist. Man hat sehr oft behauptet, die Organe entstünden gleichsam durch Ablagerung aus den Gefäßen; — es bildeten sich erst Gefäßschlingen, in deren Zwischenräumen sich dann die Substanz der Organe niederschlüge und anhäufte. Die Beobachtung thut im Gegentheile dar, daß alle Organe ohne Ausnahme bei ihrer Entstehung aus compakten Zellenhaufen gebildet sind, in denen erst später Gefäße auftreten, und zwar kann man mit vollkommener Sicherheit den Satz aufstellen, daß sich dann erst später Gefäße in den Organen bilden, wenn die Zellen derselben sich zu differenziren und in besondere Gewebtheile umzubilden beginnen. So lange ein Organ aus primitiven Embryonalzellen besteht, die überall gleichförmig sind, so genügt die Lebensthätigkeit dieser Zellen zu der Ernährung und Fortbildung des Organs. Sobald aber die Zellen in specielle Elementartheile überzugehen beginnen, hier Fasern, dort Epithelien, Nervenröhren oder Muskelcylinder aus sich entwickeln, so zeigen sich auch an bestimmten Orten Gefäße, deren Capillarien bei dem allmähligen Zugrundegehen der Zellenvegetation der Ernährung des Organes vorstehen. Die

Gefäße bilden sich demnach wie andere Elementartheile auf dem Platze selbst durch die Differenzirung der primitiven Zellen. Sie wachsen weder in die Organe hinein, noch aus denselben hinaus.

Es fragt sich indessen, auf welche Weise die Gefäße entstehen, und wie man dieselben der Zellentheorie gegenüber ansehen muß. Was nun zuerst das Herz und die großen Gefäße, der Blutbildungsschicht sowohl als auch des Embryo betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel mehr, daß dieselben durch Auseinanderweichen ursprünglich conpakter Zellenhaufen sich bilden. Nicht nur an dem Herzen hat man diese Entstehungsweise direkt beobachtet, sondern auch an den Stämmen und Aesten der Gefäße, welche sich in der Blutbildungsschicht erzeugen. Die auseinandergewichenen Zellenmassen bilden die Wandungen dieser primitiven Gefäßrinnen, und anfangs ist der Zusammenhang derselben noch so lose, daß man öfter beobachtete, wie Zellen von diesen Wandungen sich loslösten und in dem Blutstrome mit fortgerissen wurden. Allmählig verschmelzen die Begränzungszellen der Gefäße inniger miteinander und bilden dann eine gesonderte Gefäßwandung, in welcher sich meistens Fasern entwickeln. Neuere Beobachtungen machen es nicht wahrscheinlich, daß alle Gefäße, welche in primitiver Zeit bei Embryonen auftreten, Wandungen besitzen, die aus mehrfachen Zellenlagen hervorgegangen sind, daß demnach alle Gefäße, welche in der ersten Zeit entstehen, als wahre Intercellularräume betrachtet werden müssen, die sich zwischen den Zellenanhäufungen ausgehöhlt haben. Man hat in neuester Zeit die Folgerungen aus diesen Beobachtungen sogar so weit getrieben, daß man behauptete, alle diese Gefäße würden durch den Stoß des Herzens ausgehöhlt, das durch seine Zusammenziehungen die in ihm enthaltene Flüssigkeit gleichsam in die losen Zellenanhäufungen hineinspritze. Abgesehen davon, daß eine solche Erklärung geradezu absurd genannt werden kann, indem es unmöglich wäre, zu begreifen, aus welchem Grunde die Blutbahnen sich überall bei tausend und aber tausend Embryonen an demselben Orte aushöhlen, und

wie ein aus losen Zellenmassen bestehendes Herz Kraft genug entwickeln könne, um durch die von ihm bewegte Flüssigkeit andere Zellenanhäufungen aus einander treiben zu können; abgesehen hievon, sage ich, liegen auch bestimmte Beobachtungen vor, daß solche Intercellularräume sich durchaus abgesondert bilden, und dann erst mit den schon bestehenden Blutbahnen in Communikation treten. Wo aber die nackte Thatsache widerspricht, da bedarf es keiner weiteren Widerlegung.

Man hat behauptet, daß die Capillargefäße auf andere Weise entstünden, als diejenigen Stämme, von deren Entstehung wir soeben handelten. Man sah in der Blutbildungsschicht in ganz früher Zeit, und zwar noch lange bevor die ersten Spuren von Gefäßen sich zeigen, eigenthümliche sternförmige Zellen, welche bei dem Hunde namentlich meistens in drei Spitzen ausgezogen waren, die sich in ziemlich feine Fäden verlängerten. Diese Zellen wurden bei den Säugethieren wenigstens nicht sowohl in der Blutbildungsschicht als vielmehr lange vor der Isolirung derselben in der Keimblase gesehen, noch bevor die Primitivrinne entwickelt war, also geraume Zeit vor dem Auftreten der ersten Spuren von Blutgefäßen. Später erblickte man diese Sternzellen nicht mehr. Ganz das gleiche Verhältniß hatte man bei dem Vogelei gesehen, auch dort zeigten sich solche sternförmige Zellen in der Keimhaut, die ebenfalls geraume Zeit vor dem Auftreten der ersten Gefäße wieder verschwanden. Man beobachtete nun bei schon ziemlich vorgeschrittenen Embryonen die Capillargefäße und fand, daß dieselben aus strukturlosen Häuten bestunden, an welchen hie und da einzelne Zellenkerne anlagen. Man fand zugleich, daß diejenigen Stellen, wo die Capillargefäße sich theilten, einen etwas größeren Durchmesser hatten, als die Aeste selbst, und combinirte nun aus allen diesen Beobachtungen folgende Entstehungsweise der Capillargefäße. Die sternförmigen Zellen der Keimblase sollten mit ihren Ausläufern zusammenwachsen, und so Maschen darstellen, an denen hie und da die ursprünglichen Zellenkerne zurückblieben. Die Capillargefäße sollten demnach nicht, wie die übrigen Gefäße, als

Intercellularräume entstehen, sondern wirkliche mit einander verschmolzene Zellenhöhlen seyn. So richtig alle Beobachtungen sind, worauf man diese Theorie stützte, so falsch ist unseres Erachtens die Combination der Schlüsse, welche man darauf gebaut hat. Die sternförmigen Zellen wurden nur in der frühesten Periode der Keimhautanlage beobachtet, späterhin nicht mehr. Die ersten Gefäße entstehen anerkanntermaßen als Intercellularräume, ohne Zwischenkunft solcher sternförmiger Zellen. Erst in der späteren Periode des Fötuslebens und bei erwachsenen Thieren findet man strukturlose Capillarien. Die ganze Entwicklung des ersten Kreislaufes, eine lange Zeit des embryonalen Lebens, liegt also zwischen den Sternzellen einerseits und den strukturlosen Capillarien andererseits. An diesen letzteren liegen Kerne, während die Sternzellen selbst keine Kerne besitzen. Man hat ferner in pathologischen Neubildungen, wo doch sehr häufig Capillarien sich entwickeln, noch niemals Sternzellen beobachtet. Aus allen diesen Gründen muß man sich bestimmt gegen die Entstehung der Capillargefäße aus der Verschmelzung sternförmiger Zellen erklären, diese Annahme verlassen, die aus einer Zeit stammt, wo man jede Röhre aus Aneinanderlegung und Verschmelzung längsgereihter Zellen entstehen ließ und auch den Capillarien gleiche Entstehung wie den größeren Gefäßen beimessen.

Das Blut ist, wie wir in einem früheren Briefe weitläufig auseinandersetzten, keine homogene Flüssigkeit, sondern aus einem farblosen Serum und gefärbten Blutkörperchen zusammengesetzt, die bei jedem Thiere eine ganz eigenthümliche Form und Größe besitzen und von allen andern Gewebtheilen sich auf den ersten Blick unterscheiden. Es fragt sich nun, in welcher Weise diese eigenthümlichen Gewebelemente des Blutes entstehen? Man hat über diesen Punkt die mannigfaltigsten Untersuchungen angestellt, und während früher mancherlei Widersprüche in den Beobachtungen sich zeigen, so scheinen diese jetzt zu einem befriedigenden Ganzen vereinigt werden zu können.

Die ersten Blutzellen, denn so muß man ohne Zweifel dieselben benennen, sind weiter nichts als losgerissene Partikeln

von den Zellenwandungen der ersten Gefäße. Wir haben gesehen, daß in dem Herzen sowohl wie in den größeren Gefäßen, sobald ihre Höhlung sich zu entwickeln beginnt, einzelne innere Zellen oder auch ganze Zellenhaufen losgelöst und in den Blutstrom mit fortgerissen werden. Dasselbe findet statt mit den dunkleren Zellenmassen in der blutbildenden Schicht, um welche herum sich Gefäßrinnen bilden. Sobald diese mit der Herzhöhlung in Verbindung getreten sind, so werden die dunkleren Zellen durch den mitgetheilten Stoß des Herzens allmählig in Bewegung gesetzt, fortgerissen, und bilden so die ersten Blutkörperchen, welche sich in nichts von den ursprünglichen Embryonalzellen unterscheiden. Sie sind durchaus farblos, rund, von weit bedeutenderer Größe als die platten Blutkörperchen des Erwachsenen und zeigen wie alle Embryonalzellen deutliche Kerne und körnigen Inhalt. Der Inhalt dieser ersten Blutzellen namentlich entspricht ganz demjenigen der übrigen primitiven Zellen, weßhalb er bei den Fröschen z. B. aus mehr festen Stearintäfelchen besteht, bei den Säugethieren feinkörniger Natur ist. Die Umwandlung dieser Zellen in gefärbte Blutkörperchen geht in der Weise vor sich, daß der körnige Inhalt nach und nach aufgesogen wird und verloren geht, daß die ursprünglich bedeutend große Zelle kleiner wird, sich abplattet, vielleicht auch durch Theilung in zwei kleinere Zellen sich spaltet, und daß die kleineren Zellen sich mit Blutfarbstoff füllen, der bekanntlich in der Masse der Blutkörperchen durchaus gleichförmig vertheilt ist. Man hat an den ursprünglichen Blutzellen mancherlei Erscheinungen gesehen, welche auf eine Theilung derselben hindeuten; doppelte Kerne, einfache längliche Kerne, in Biscuitform; in der Mitte eingeschnürte Blutzellen, die um ihre Axe gedreht schienen, und ähnliche Formen mehr, die sich wohl nicht anders als durch beginnende Theilung erklären lassen, und damit auch über den auffallenden Größenunterschied zwischen den ursprünglichen farblosen Blutzellen und den gefärbten Körperchen Aufschluß geben.

Begreiflicher Weise genügt die Zahl der ursprünglichen

Blutkörperchen durchaus nicht, um auch bei fortdauernder Vermehrung durch Theilung die ungemeine Zahl von Blutkörperchen hervorzubringen, welche in dem späteren Kreislaufe sich zeigen. Die Gewebe des Embryo können aus ihren Zellen keine hinlängliche Zahl primitiver Blutzellen herstellen, weßhalb sich ein eigener Herd der Bluterzeugung in der blutbildenden Schicht entwickelt. Bei denjenigen Thieren, wo der Dotter als Ernährungsmaterial während des ganzen Embryonallebens eine bedeutende Rolle spielt, erhält sich diese blutbildende Schicht des Schleimblattes auf lange in ihrer Funktion. Bei den Säugethieren aber, wo der Dotter nur höchst unbedeutend im Verhältnisse zu dem Embryo ist und dieser seine hauptsächlichste Nahrung aus dem Blute der Mutter selbst empfängt, gestaltet sich bald ein besonderer Blutbildungsherd in der Leber, und es wird deßhalb erklärlich, weßhalb diese Drüse bei den Embryonen eine verhältnißmäßig so bedeutende Größe erreicht. Aus dem Blute der Mutter können, wie schon früher bemerkt wurde, nur flüssige Stoffe in das Blut des Embryos übergehen. Die Blutkörperchen müssen also von dem Fötus selbst gebildet werden, und da die Blutbahnen in sich abgeschlossen sind, so kann diese Ausbildung der Blutkörperchen nur innerhalb der Gefäße selbst vor sich gehen. Wenn es nun wohl keinem Zweifel unterliegt, daß in allen Geweben, wo neue Gefäße entstehen, auch Zellen sich losreißen und Blutkörperchen bilden, so trifft man doch in den Lebergefäßen eine ungemeine Menge von Zellen in verschiedenen Stadien, die in Blutkörperchen übergehen. Man sieht dort nach der Beschreibung neuerer Autoren kleine Kerne, die sich zuerst mit körnigem Inhalt und dann mit zarten Membranen umhüllen und so kleine farblose Blutzellen bilden. Anfänglich ganz blaß, werden diese farblosen Zellen allmählig durch Aufnahme von Farbstoff dunkler und gehen dadurch in gewöhnliche gefärbte Blutkörperchen über. Viele dieser Zellen scheinen auch auf dieselbe Weise wie die primitiven, aus losgerissenen Embryonalzellen entstandenen Blutzellen sich durch Theilung zu vermehren. Man hat bemerkt, daß bei denjenigen Thieren, wo der Dotter keine besondere Rolle

spielt, wie bei Säugethieren, diese Blutkörperchen etwa ein Drittheil der Gesammtzahl der Blutzellen in dem Leberblute ausmachen; in andern Gefäßen aber weit seltener sind, während bei Eidechsen überall in der Blutmasse diese farblosen Körperchen etwa gleichmäßig vertheilt waren, was sich leicht dadurch erklärt, daß hier die Bildung solcher Zellen überall in den Dottergefäßen statt hatte.

Die wesentlichsten Resultate, welche wir über die Bildung der Gefäße und des Blutes besitzen, lassen demnach alle Gefäße ohne Ausnahme so lange als Intercellularräume erscheinen, bis sie sich allmählig durch Differenzirung ihrer Wandungen als selbstständige Röhren hinstellen. Die Beobachtung läßt ferner die Blutkörperchen theils aus ursprünglich losgerissenen Embryonalzellen hervorgehen, theils auch innerhalb der schon gebildeten Gefäße in besondern Blutbildungsherden neu entstehen. Bei den Säugethieren läßt sie die Leber als solchen späteren Blutbildungsherd erscheinen.

Der Uebergang des embryonalen Kreislaufes in denjenigen, welcher nach der Geburt und bei dem Erwachsenen sich zeigt, bildet einen zu wichtigen Abschnitt in der Geschichte des Fötus, als daß wir nicht einige Augenblicke bei demselben verweilen sollten. Wir haben gesehen, daß bei dem Erwachsenen das Herz vollkommen in zwei Hälften, eine linke und eine rechte, geschieden ist; daß aus der linken Herzhälfte das Blut in den ganzen Körper getrieben wird, durch die Capillarien des Körpers und die Körpervenen in das rechte Herz strömt, von dort aus mit erneuter Kraft den Lungen zueilt, und aus diesen in die linke Herzhälfte zurückkehrt. Wir haben ferner gesehen, daß nur innerhalb der Capillargefäße das Blut seine Beschaffenheit ändert, und daß beim Erwachsenen kein anderer Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem Blute gegeben ist, als durch Vermittlung der Capillarien. Diesen Verhältnissen gegenüber haben wir den ersten Kreislauf des Blutes im Embryo im Anfange dieses Briefes beschrieben, dessen wesentlicher Charakter darin besteht, daß man keinen Unterschied zwischen venösem und

arteriellem Blute nachweisen kann, daß das Herz nur einen einfachen Schlauch darstellt, von welchem aus das Blut längs des Körpers hinabläuft, ohne in die Substanz desselben sich zu vertheilen. Es geht vielmehr in seiner Gesammtheit durch die Nabelarterien auf die Nabelblase über, um dann durch die Nabelvene in den einfachen Herzschlauch zurückzukehren. Es fragt sich nun, wie sich diese beiden Extreme vermitteln, und namentlich wie der letzte Kreislauf des Embryo unmittelbar vor der Geburt sich verhalte.

Ursprünglich fanden sich nur zwei Aortenbogen, die, ohne Aeste abzugeben, sich unter der Wirbelsäule vereinigten, um die große Körperarterie, die Aorta, zu bilden. Nach und nach entwickeln sich aber eben so viele Gefäßbogen aus dem Herzen, als man Kiemenbogenpaare zählt. Alle diese Bogen umfassen den Schlund und vereinigen sich über demselben in der Aorta. Sehr schnell verkümmern aber mehrere dieser Bogen, während andere, besonders ein linker und ein rechter, sich stärker ausbilden. Zugleich entwickelt sich die Scheidewand der Herzkammern, so daß der eine dieser übriggebliebenen arteriellen Aortenbogen der linken, der andere der rechten Herzhälfte angehört. Statt eines doppelten, durch eine senkrechte Scheidewand getheilten Vorhofes sieht man zu dieser Zeit nur einen einfachen Venensack, in welchen die von oben und unten kommenden venösen Gefäße einmünden. Die Nabelblase ist geschwunden mit ihrer ganzen Circulation; dagegen hat sich die Placenta durch Mithülfe des Harnsackes hervorgebildet und die Körperorgane erhalten sämmtlich Blut durch Arterien, welches sie durch Venen dem Herzen wieder zusenden. So hat sich allmählig eine eigenthümliche Form des Kreislaufes herangebildet, deren wesentlicher Charakter darin besteht, daß die obere und untere Körperhälfte aus verschiedenen Herzhälften versorgt werden und ein Theil des Blutes außerhalb des Embryo nach der Placenta hin getrieben wird, um dort den Austausch mit der Blutmasse der Mutter zu besorgen. Das Blut strömt bei dieser intermediären Form des Kreislaufes aus der linken Herzkammer durch ein

bedeutendes Gefäß, die linke oder obere Aorta, hervor und vertheilt sich nach dem Kopfe und den oberen Extremitäten. Aus den Capillarien dieser Gebilde sammelt es sich wieder in einen einzigen Stamm, die obere Hohlvene, welcher sich in den gemeinschaftlichen Venensack, doch etwas mehr gegen die rechte Seite hin, öffnet. Aus diesem in die rechte Kammer getrieben läuft das Blut durch die untere oder rechte Aorta hervor, welche im Bogen sich gegen die Wirbelsäule hin krümmt, Zweige an Lunge, Leber und alle Eingeweide gibt und zuletzt sich in die Extremitäten vertheilt. In der Bauchhöhle aber gibt diese untere Aorta zwei Arterienstämme ab, die Nabelarterien, die früher dem Harnsacke angehörten und nun durch den Nabelstrang nach der Placenta hingehen, um dort sich zu vertheilen. Das Blut der rechten Aorta, des rechten Ventrikels versorgt also die untere Körperhälfte, die Eingeweide und die Placenta. Von den Extremitäten kehrt es durch die unteren Venen, von der Placenta durch eine Nabelvene zurück und vermischt sich mit dem aus der Leber kommenden Blute in einem großen Gefäße, der unteren Hohlvene, die in den gemeinschaftlichen Venensack doch etwas mehr nach links hin sich öffnet. Das Blut der unteren Hohlvene strömt dieser Richtung der unteren Hohlvene zufolge mehr in den linken Ventrikel und beginnt von diesem aus wieder seine Bahn durch die linke oder obere Aorta.

Die obere Körperhälfte erhält demnach einzig und allein Blut aus dem linken Ventrikel, dessen Aorta sich ganz in derselben vertheilt und sendet das Blut sämmtlich in die rechte Vorhofshälfte zurück. Die linke Aorta wird aber besonders durch die untere Hohlvene gespeist, welche das von der Placenta zurückkehrende Blut enthält. Dieses war aber mit dem Blute der Mutter in Wechselwirkung, und hat dadurch analoge Veränderungen erfahren, wie diejenige, welche später in den Lungen erzielt wird. Daraus erklärt sich die vorwiegende Entwicklung der oberen Körperhälfte in der früheren Zeit des Embryonallebens. Die untere Körperhälfte erhält durch Vermittlung der oberen Hohlvene, des rechten Ventrikels und der rechten unteren

Aorta faſt nur Blut, welches ſchon die Capillarſyſteme der oberen Körperhälfte durchlaufen hat, dem aber durch die, in dem gemeinſchaftlichen Venenſack des Herzens gegebene Communikation einiges, von der Placenta herkommende Blut beigemiſcht wird. Der Lungenkreislauf beſteht zu dieſer Zeit aus einem höchſt geringen Arterienzweige, der von der rechten Aorta abgeht und aus einer kleinen Vene, welche in die untere Hohlvene zurückkehrt. Bedeutender iſt ſchon der Leberkreislauf, indem einerſeits das von den Eingeweiden kommende Blut ſich in eine Pfortader ſammelt, die ſich in der Leber verzweigt, andererſeits auch die von der Placenta zurückkommende Nabelvene Zweige in die Leberſubſtanz abgibt. Die ſo aus der Pfortader und den Nabelvenen gebildeten Capillarien der Leber ſammeln ſich in Lebervenen, welche ſich in die untere Hohlvene ergießen.

Während nun der Fötus der Reife ſich nähert, bildet ſich allmählig eine Scheidewand in dem gemeinſchaftlichen Venenſacke aus, die denſelben in zwei Vorhöfe abſcheidet, welche aber noch immer durch eine bedeutende Communikationsöffnung, das eirunde Loch (foramen ovale) durchbrochen iſt. Die beiden Aorten haben ſich aneinander gelegt und ſind miteinander verſchmolzen an der Stelle, wo ſich der Bogen der rechten Aorta nach hinten hinwandte. Die Lungenarterie iſt größer geworden. Der Bogen der rechten Aorta, von dem Urſprunge der Lungenarterie an bis zu der Vereinigungsſtelle, heißt jetzt der Arteriengang (ductus arteriosus Botalli). Die Cirkulation in der Leber hat ſich ſchärfer begränzt und der geſammte Kreislauf hat jetzt bei dem reifen Fötus, unmittelbar vor der Geburt, folgende Anordnung:

Aus der linken Herzkammer ſtrömt das Blut durch die linke Aorta im Bogen aus und vertheilt ſich in die Gefäße der oberen Körperhälfte. Unmittelbar hinter der Abgabeſtelle dieſer Gefäße öffnet ſich der Bogen in denjenigen der abſteigenden, aus dem rechten Ventrikel kommenden, Aorta, die alſo auch einiges Blut aus dem linken Ventrikel erhält. Das nach Kopf und Armen vertheilte Blut der linken Aorta kehrt durch die obere Hohlvene in den rechten Vorhof zurück, und wird von der rechten Kammer

durch die rechte Aorta ausgetrieben. Ein Theil dieses Blutes (der geringere) strömt durch die Lungenarterie in die Lungen, die Hauptmasse durch den rechten Aortenbogen (den Botallischen Gang) in die absteigende Aorta und vertheilt sich in die Eingeweide und die unteren Extremitäten. Zwei große Zweige dieser absteigenden Aorta, die Nabelarterien, führen das Blut in die Placenta und durch die Nabelvene aus dieser wieder zurück. Das Blut der hinteren Extremitäten strömt durch die untere Hohlvene nach dem Herzen. Dieser untere Hohlvenenstamm nimmt bei seinem Durchgange durch die Leber einen großen Ast der Nabelvene auf, den sogenannten Venengang (ductus venosus Arantii). Das übrige Blut der Nabelvene vertheilt sich theils durch besondere Zweige, theils mit der Pfortader in die Lebersubstanz und sämmtliches Blut der Leber kehrt durch Lebervenen in die untere Hohlvene zurück. Diese öffnet sich mehr in die linke Vorhofshälfte, welche zugleich die Lungenvenen aufnimmt. Doch ist die Oeffnung so gelegen, daß sie auch theilweise in den rechten Vorhof schaut.

Bei dem reifen Fötus ist also die Lungencirculation vorbereitet durch Vergrößerung der Lungenarterie, obgleich noch der größte Theil des Blutes aus dem rechten Vorhof in die Aorta durch den Botallischen Gang überströmt. Ebenso ist die Scheidung der Vorhöfe schon bedeutend vorgeschritten. Mit der Geburt nun wird der Placentarkreislauf plötzlich abgeschnitten. Die Nabelgefäße werden verschlossen; die Lungenarterien bedeutend erweitert und der Botallische Gang allmählig außer Kurs gesetzt, wie der todte Arm eines Flußbettes. Er obliterirt und dann strömt alles Blut aus der rechten Kammer in die Lungen und durch dieselben zurück in den linken Vorhof. Die Mündung der unteren Hohlvene zieht sich ganz in den rechten Vorhof, in welchen die obere Vene von Anfang an einströmte, das eirunde Loch schließt sich und damit ist der Uebergang in die Circulationsform des Erwachsenen und somit auch die Scheidung beider Blutarten, des arteriellen und venösen, vollendet. Zuweilen bleibt in Folge von Hemmungsbildungen entweder das Loch der

Vorhofsscheidewand oder der Botalliſche Gang offen, beide Blutarten miſchen ſich und die Folge dieſes abnormen Verhältniſſes iſt unvollſtändige Oxydation des Blutes und bläuliche Färbung deſſelben, die durch die Haut ſchimmert. Dieſe blauſüchtigen Kinder leiden an allgemeinen Fehlern des Ernährungsprozeſſes und wenn nicht die abnorme Communikationsöffnung ſich ſchließt, ſo ſind ſie meiſt einem frühen Tode verfallen.

Siebenundzwanzigster Brief.

Allgemeine Ueberſicht.

Die Entwicklung der einzelnen Organe für ſich abgeſondert betrachtet, wie wir bisher thaten, liefert kein Geſammtbild der Erſcheinungen im werdenden Individuum. Wir werden deßhalb nun in kurzen Umriſſen darzuſtellen ſuchen, wie einerſeits die Ausbildung der Form im Allgemeinen, anderſeits auch diejenige der Lebensäußerungen voranſchreite, indem ſich aus dieſen Verhältniſſen manche wichtige Folgerungen für die geſammte Phyſiologie ergeben.

Die Naturphiloſophie, welche das ganze Thierreich auf einen einzigen Typus zurückzuführen und die allmählige Entwicklung des Organiſchen aus einem belebten formloſen Stoffe, dem ſogenannten Urſchleime, darzuthun ſuchte, hatte ſich auch nicht ohne Glück der mangelhaften Kenntniſſe, die man über die Entwicklung des Embryos zur damaligen Zeit hatte, bedient, um daraus die Analogie der embryonalen Entwicklung mit denjenigen des Thierreiches im Allgemeinen nachzuweiſen. Die mehr oder minder kugelförmige Geſtalt niederer Thiere ließ eben die Kugel als den Uranfang alles Organiſchen anſehen. Aus ſeinem kugligen Uranfange, dem Ei, ſollte der Embryo, der Anſicht der Naturphiloſophen zufolge, eine Stufenfolge von Metamorphoſen durchlaufen, welche den im Thierreiche bleibend dargeſtellten Typen parallel gingen. Man behauptete, der Embryo ſey zu gewiſſen Zeiten Qualle, Mollusk, Gliederthier, Fiſch und Amphibium, und ſuchte dieſe Behauptung freilich mehr durch allgemeine Phraſen als durch ſpezielle Thatſachen zu erörtern.

Wenn Einzelne es wagten, in dieſe Vergleichung der ſpeziellen Verhältniſſe einzugehen, ſo fielen dieſe Verſuche unglücklich aus, wie denn z. B. eine Vergleichung des Baues der Mollusken und des Embryos, die noch in neuerer Zeit von einem Mitgliede der franzöſiſchen Akademie verſucht wurde, in das Gebiet des Hochkomiſchen gehören würde, wenn ſie nicht mit dem bitteren Ernſte der eingebildeten Ueberzeugung vorgebracht wäre.

Das Thierreich bietet verſchiedene Organiſationstypen dar, die ſich nach beſonderen und eigenthümlichen Normen entwickeln. Einem ſolchen Organiſationstypus gehören die ſämmtlichen Wirbelthiere an. Alle Wirbelthiere ſind nach einem und demſelben gemeinſchaftlichen Plane gebaut, der indeß vielfache Abänderungen und ſpezielle Modifikationen erfährt. Im Bereiche eines jeden Organiſationstypus aber ſind diejenigen Anſichten, welche die Naturphiloſophie auf das geſammte Thierreich anwenden wollte, in gewiſſer Ausdehnung ganz richtig. Die Organe des Embryo durchlaufen in ihrer Entwicklung verſchiedene Stadien, welche in den niederen Thieren, die demſelben Organiſationstypus angehören, während des ganzen Lebens bleibend ſich erhalten. Die Aehnlichkeit, welche hierdurch zwiſchen den Embryonen und den niedern Thieren deſſelben Reiches hergeſtellt wird, erſtreckt ſich deßhalb dennoch niemals auf völlige Gleichheit in der Anordnung ſämmtlicher Organe. Der allgemeine Organiſationsplan, welchem die Embryonen angehören, gibt ſich durch einzelne Züge kund, die zwar an vielen Orten auftreten, ſtets aber mit ſpeziellen Eigenthümlichkeiten verwebt ſind, in welchen ſich ſchon der ſpätere Bau des Embryo geltend macht. Durch dieſe ſpeziellen Eigenthümlichkeiten gerade gibt ſich aber der Embryo als werdender, nicht als fertiger Organismus zu erkennen. Es iſt deßhalb Aufgabe des Forſchers in der Entwicklungsgeſchichte, die Züge, welche dem allgemeinen Organiſationsplan angehören, zu trennen von denjenigen, welche der ſpeziellen Eigenthümlichkeit ſich unterordnen. Es gibt Züge, welche allen Wirbelthierembryonen gemeinſchaftlich ſind und nur bei den Embryonen vorkommen, ohne je bei einem erwachſenen

Thiere bleibend dargeſtellt zu ſeyn; — andere, die ſich bleibend erhalten können, bei den höheren Wirbelthieren aber verſchwinden; — noch andere endlich, welche nur nach dem Embryonalleben auftreten und ſich während dem Ablaufe des ſelbſtſtändigen Lebens ausbilden. Es würde zu weit führen, wollten wir hier nachweiſen, wie dieſe verſchiedenen Zeiten des Auftretens der einzelnen Charaktere im embryonalen Leben mit Glück benutzt werden können, um dieſe Charaktere ſelbſt ihrer relativen Wichtigkeit nach gruppiren zu können. Unſere Aufgabe wird zunächſt ſeyn, die verſchiedenen Punkte zu durchgehen, in welchen der Embryo des Menſchen und der höhern Säugethiere mit der Organiſation der niederen Wirbelthiere näher übereinſtimmt.

Bei ſeinem erſten Auftreten beſitzt der Embryo der Wirbelthiere einen platten Körper von Guitarrenform, in deſſen Längslinie eine hohle Rinne, die Primitivrinne ſich befindet. So viel Embryonen man auch noch unterſucht hat, ſo hat man doch nie dieſe Primitivrinne fehlen ſehen und ſtets bei allen Wirbelthieren ſie als das erſte differenzirte Organ kennen gelernt. Bei keinem Embryo wirbelloſer Thiere hat man etwas Aehnliches entdeckt, und es kann deßhalb die Primitivrinne unbedingt als charakteriſtiſches Kennzeichen aller Wirbelthierembryonen ohne Ausnahme angeſehen werden. Die primitive Geſtalt des Gehirnes und Rückenmarkes, wie ſie ſich vor der Schließung der Primitivröhre zeigt, iſt bei keinem erwachſenen Thiere hergeſtellt, und erſt dann zeigen ſich Aehnlichkeiten, wenn die Ränder der Primitivrinne ſich zugewölbt haben, und auch innerhalb des Nervenſyſtemes einzelne Gewölbtheile entſtanden ſind. Man kennt freilich bis jetzt ein einziges Thier, bei welchem, wie es ſcheint, keine primitiven Hirnblaſen vorhanden ſind; wenigſtens ſieht man an dem erwachſenen Amphioxus nur ſehr unbedeutende Anſchwellungen des cylindriſchen Rückenmarkes, das nach vornen hin abgeſtumpft endigt, ohne ein Gehirn unterſcheiden zu laſſen. In den einzelnen Hirntheilen ſelbſt gewahrt man bei verſchiedenen Thieren die mannigfaltigſten Annäherungen zu dieſer oder jener bleibend ausgedrückten Hirnbildung; — ſo in der urſprünglichen Kleinheit

der Hemisphären des großen Gehirns; in dem allmähligen Hinüberwachsen und Verdecken der Mittelhirnblase, in der ursprünglichen bedeutenden Aushöhlung dieser letzteren, die nach und nach sich mit festerer Masse füllt; in dem ursprünglichen weiten Offenstehen des Hinterhirnes und der allmähligen Ueberwucherung desselben durch das kleine Gehirn. Alle diese verschiedenen Entwicklungsphasen des Gehirnes lassen sich bei einzelnen Thieren Schritt für Schritt nachweisen, obgleich sie nicht alle Hand in Hand gehen, sondern je nach dem speziellen Typus derselben sich hier ausbilden, dort aber zurückbleiben. So entwickelt sich z. B. das kleine Gehirn bei den Fischen weit bedeutender, als bei den Amphibien, wo es auf einer durchaus embryonalen Stufe zurückbleibt, und nur ein schmales bandartiges Brückchen darstellt, während das große Gehirn bei den Amphibien weit ausgebildeter ist als bei den Fischen. So zeigt sich also auch hier bei dem besondern Organe, was für die embryonale Entwicklung im Allgemeinen galt, nämlich daß für die Bildungsstufen der einzelnen Theile die Analogien gefunden werden können, nicht aber für das Organ, oder den Embryo im Ganzen.

Die Entwicklung des Skelettes liefert durchaus ähnliche Thatsachen, deren Vergleichung sogar noch weit mehr ins Einzelne getrieben werden kann als beim Nervensystem. Die Chorda ist eben so gut als die Primitivrinne ein allgemeiner Charakter aller Wirbelthierembryonen; sie fehlt bei keinem, und bei dem schon erwähnten niedrigsten Fische bildet sie sogar das einzige vorhandene Stück des Skelettes. Bei diesem Thier zeigt sich keine Spur knorpliger Umhüllungskapseln für das Gehirn und Rückenmark, keine Spur von Ringen um die Chorda, keine Spur von allen jenen Skeletttheilen, welche den Kopf bilden. Wenn bei allen übrigen Wirbelthieren und bei allen Embryonen vor dem Ende der Chorda noch Bildungen sich zeigen, die nicht wesentlich zu derselben und somit zu dem Wirbelsysteme gehören, wie die Schädelbalken, so ist dieses bei dem genannten Thiere nicht der Fall, und seine Chorda endigt unmittelbar an dem

vordern Körperende. Die Entwicklungsgeschichte dieses merkwürdigen Thieres würde mehr Aufklärungen für die Wissenschaft bieten als ein Halbdutzend Reisen um die Welt auf schnellsegelnden Schiffen! Leider aber ist es der Fluch der Regierungen, daß sie die Bedürfnisse der Wissenschaft nicht kennen und ihre Hülfsmittel da verwenden, wo sie am wenigsten Früchte bringen. Durch die zahlreichen Untersuchungen über das Skelett, welche hauptsächlich seit dem Beginne dieses Jahrhunderts gemacht wurden, können wir bei verschiedenen Thieren alle Entwicklungsphasen desselben, wie wir sie bei dem Embryo sehen, bis auf einen gewissen Grad nachweisen. Wir haben Thiere mit persistirender Chorda und verknöcherten Wirbelfortsätzen, mit ringförmigen Wirbelkörpern, mit embryonaler Schädelbasis, mit knorplig ungetheilter Gehirnkapsel, mit primitiven Kiemenbogen, mit losen Deckplatten; — kurz wir besitzen unter den Thieren alle möglichen Modifikationen des Skelettes ins Unendliche variirt. Es würde zu weit führen, diese Thatsachen hier zu widerholen, zumal da wir bei der Entwicklung des Skelettes schon hie und da auf dieselben hingewiesen haben.

Der primitive Zustand des Darmsystemes zeigt sich bei keinem Wirbelthiere ausgebildet, und bei allen ohne Ausnahme ist der Darm eine Röhre, die oben und unten in Mund und After geöffnet ist. Allein gerade im Verhalten des Mundes und der Kiemenbogen lassen sich fast alle embryonalen Verhältnisse wieder finden, sobald man die niedersten Wirbelthiere ins Auge faßt. Bei vielen derselben bleiben die Kiefer durchaus auf dem Punkte der Kiemenbogen stehen, und die verschiedenen Metamorphosen dieser letzteren kann man gleichfalls Schritt für Schritt bei den Thieren nachweisen. Ein Gleiches gilt von dem Gefäßsystem. Alle successiven Construktionen des Herzens von dem einfachen Schlauche bis zu dem viergetheilten Organe, alle diese verschiedenen Formen des Centralorganes, alle Veränderungen im Kreislaufe innerhalb des Embryo selbst finden sich bei verschiedenen Thieren verwirklicht und bilden so eine Art Controle für die bei dem Embryo beobachteten Verhältnisse. Die vergleichende

Anatomie ist deßhalb, mit Vorsicht angewendet, eines der wichtigsten Hülfsmittel für die Entwicklungsgeschichte in formeller Hinsicht.

Ueberall in dem Körper sind Funktionen und Organe wechselseitig an einander gebunden und keines ohne das andere denkbar. Die Funktion eines jeden Organes hängt von der speziellen Construktion desselben ab; — sobald diese Struktur abweicht, so wird auch die Funktion eine abweichende. Es ist deßhalb ganz natürlich, daß mit der Entwicklung der Organe in dem Embryo auch diejenige der Funktionen Hand in Hand geht und sich allmählig in dem Verhältnisse ausbildet, als die Organe selbst die ihnen zukommende Textur und Mischung erhalten. So wie die Ernährung des Fötus allmählig aus der gemeinsamen Zellenvegetation an das Blut übergeht, und je nach den verschiedenen Gewebtheilen sich differenzirt, so erhebt sich die Funktion eines jeden Organes aus der ursprünglich allgemeinen Verschmelzung zu stets höher anwachsender Differenzirung, und die speziellen Funktionen erscheinen erst, wenn auch die speziellen Gewebtheile sich für dieselben herangebildet haben. Für die sämmtlichen Organe des Körpers hat darüber mit Ausnahme eines einzigen nie ein Zweifel geherrscht. Es ist nie Jemanden eingefallen behaupten zu wollen, daß die Absonderungsfähigkeit getrennt von der Drüse, die Zusammenziehungsfähigkeit getrennt von der Muskelfaser existiren könne. Es ist nie Jemanden eingefallen, zu behaupten, daß die Muskeln, die Drüsen, sämmtliche andere Organe erst angelegt und ausgebaut würden und daß dann zu einer bestimmten Zeit die Funktion in dieselben hineinfahre und dort sich festsetze, um ferner mit diesen Organen als ihren Instrumenten zu wirthschaften. Die Absurdität einer solchen Idee ist so auffallend, daß man nicht einmal den Muth hatte, bei den genannten Organen an dieselben zu denken.

Was man aber bei den erwähnten Organen als unbedingt absurd zurückweisen mußte, das fand man in Folge philosophischer und theologischer Spekulationen bei dem Gehirne ganz begreiflich. Man fand und findet es noch vollkommen natürlich, das Gehirn als ein Instrument zu betrachten, dessen sich die

Seele bediene, um damit die ihr zukommenden Aeußerungen zu bewerkstelligen. Je nachdem dieses Werkzeug mehr oder minder vollkommen war, konnte auch die Seele gleichsam auf demselben mehr oder minder vollkommene Stücke spielen. Damit war die Verschiedenheit erklärt, die in den Seelenthätigkeiten des Einzelnen herrscht. Mit dem Festhalten dieser Ansicht hatte man das gewonnen, daß man eben den Inbegriff jener Gehirnfunktionen, den man Seele nannte, als etwas Immaterielles, individuell für sich Bestehendes von dem Instrumente loslöste und damit auch dessen Fortbestehen nach der Vernichtung des Instrumentes behaupten konnte. Während man also bei allen übrigen Organen die Funktion in der Art betrachtete, daß man sie als eine Eigenschaft der das Organ in bestimmter Form zusammensetzenden Materie begriff, machte man für das Gehirn eine Ausnahme und betrachtete die Seele als eine getrennte Individualität.

In Folge dieser wunderlichen Vorstellungsweise führte man die sonderbarsten Streitigkeiten über den Zeitpunkt, in welchem die Seele in den Körper des Embryo gefahren sey. Die Einen glaubten, diesen Moment dann setzen zu müssen, wenn die ersten Bewegungen des Fötus sich zeigten. Die Seele sollte ihre hohe Ankunft durch Zuckungen der Arme und Beine dem mütterlichen Organismus anzeigen und ihn dadurch zur ferneren Gewährung des Gastrechtes auffordern. Viele behaupteten, man könne sich nicht recht vorstellen, wie die Seele durch die geschlossenen Hüllen, durch das den Embryo umgebende Wasser hindurch gelangen könne und setzten daher den Zeitpunkt des Eintrittes der Seele in den ersten Athemzug, durch welchen gleichsam das in der Luft schwebende immaterielle Wesen in den Körper des Embryo eindringen sollte. Noch andere endlich ließen die Seele durch den Samen in das Ei gelangen und dort in latentem Zustande bleiben.

Aus diesen verschiedenen Ansichten entsprangen denn auch eigenthümliche Anwendungen, besonders in Hinsicht auf die criminelle Gesetzgebung. Wenn die Seele es war, die das eigentlich Menschliche oder Göttliche im Menschen darstellte, der Leib hingegen das vergängliche Instrument derselben, so konnte ein

Verbrechen gegen das Individuum erst dann von Wichtigkeit werden, wenn die Seele wirklich in demselben sich befand. Die Vernichtung der Frucht nach dem Zeitpunkte des Eintrittes der Seele, mußte deßhalb ein weit strafbareres Verbrechen werden, als diejenige des unbeseelten Fötus, und die Gesetzgebung sich demzufolge nach den Spekulationen der Philosophen und Theologen richten. Man unterschied deßhalb zwischen Abtreibung der Frucht und zwischen Kindesmord und setzte den Zeitpunkt der Scheidung zwischen beiden Verbrechen je nach den verschiedenen Ansichten auch verschieden an.

Es war aber hauptsächlich die Theologie, die von jeher in allen Naturwissenschaften ihr den Fortschritt hemmendes Wort mitsprechen wollte, welche diese Vorstellungen in die Entwicklungsgeschichte hineinpflanzte und darin festzuhalten suchte. Die Seele war ihr ja zum Wirkungskreise angewiesen, sie mußte für dieselbe sorgen, nicht nur so lange sie in dem Körper weilte, sondern auch nachdem sie ihren irdischen Wohnsitz verlassen hatte, und um das Objekt ihres Daseyns nicht aus den Händen entschlüpfen zu sehen, mußte die Theologie um jeden Preis die Existenz einer Seele behaupten.

Es bedarf wohl für den Leser keiner spezielleren Darlegungen mehr, um ihm zu zeigen, in welcher Weise eine gesunde Physiologie die Frage auffaßt. Es gibt hier nur zwei Wege, die Sache anzusehen. Entweder ist die Funktion eines jeden Gewebtheils, eines jeden Organes, ein spezielles, immaterielles Wesen, das sich dieses Gewebtheiles oder Organes nur als Instrument bedient, oder aber die Funktion ist eine Eigenschaft der Materie, welche in bestimmter Form und Mischung vorhanden ist. In dem letzteren Falle sind aber auch die Seelenthätigkeiten nur Funktionen der Gehirnsubstanz, entwickeln sich mit dieser und gehen mit derselben wieder zu Grunde. Die Seele fährt also nicht in den Fötus, wie der böse Geist in den Besessenen, sondern sie ist ein Produkt der Entwicklung des Gehirnes, so gut als die Muskelthätigkeit ein Produkt der Muskelentwicklung, die Absonderung ein Produkt der Drüsenentwicklung ist. Sobald

die Substanzen, welche das Gehirn bilden, wieder in derselben Form zusammengewürfelt werden, so werden auch dieselben Funktionen wieder auftreten, welche ihnen in diesen Formen und Zusammensetzungen zukommen, und es wird damit auch das wieder gegeben seyn, was man eine Seele nennt.

Die Physiologie bricht demnach den Stab über diese Träumereien, die in das wirkliche Leben nur zu sehr eingriffen. Die Physiologie kennt nur Funktionen der materiellen Organe und sieht diese schwinden, sobald das Organ vernichtet wird. Wir haben in den Briefen über die Funktionen des Nervensystemes gesehen, daß wir die Geistesthätigkeiten zerstören können, indem wir das Gehirn verletzen. Wir können uns eben so leicht aus der Beobachtung der embryonalen Entwicklung und aus derjenigen des Kindes überzeugen, daß die Seelenthätigkeiten sich in dem Maße entwickeln, als das Gehirn seine allmählige Ausbildung erlangt. Man kennt keine Aeußerungen von Seelenthätigkeiten bei dem Fötus, wohl aber von denjenigen Funktionen, welche hauptsächlich dem Hirnstamme angehören, wie Reflexionsbewegungen und ähnliche Aeußerungen des Nerveneinflusses. Erst nach der Geburt entwickeln sich die Seelenthätigkeiten; — aber nach der Geburt auch erst bekommt das Gehirn allmählig diejenige materielle Ausbildung, welche es überhaupt erlangen kann. Mit dem Umlaufe des Lebens erhalten auch die Seelenthätigkeiten eine bestimmte Veränderung und hören ganz auf mit dem Tode des Organs.

Die Physiologie erklärt sich demnach bestimmt und kategorisch gegen eine individuelle Unsterblichkeit, wie überhaupt gegen alle Vorstellungen, welche sich an diejenige der speziellen Existenz einer Seele anschließen. Sie ist nicht nur vollkommen berechtigt, bei diesen Fragen ein Wort mitzusprechen, sondern es ist ihr sogar der Vorwurf zu machen, daß sie nicht früher ihre Stimme erhob, um den einzig richtigen Weg anzuzeigen, auf welchem dieselben überhaupt gelöst werden können. Man hat behauptet, die Physiologie gehe zu weit, wenn sie sich mit mehr als dem materiellen Substrate beschäftige; — sie will aber gerade die

Funktionen dieses Substrates kennen lernen, und was sie als solche Funktionen erkennt, muß sie in das Reich ihrer Betrachtungen ziehen.

Man hat sich aus dem, wie man sagt, trostlosen Materialismus der physiologischen Betrachtungsweise auf die Art zu retten gesucht, daß man sagte, nicht die speziellen Funktionen seyen unsterblich, sondern die Idee, welche der Entwicklung derselben zu Grunde liege. Die Grundursache, welche die Bildung der Organe und deren Funktion entstehen lasse, sey unvergänglich, und somit auch die Funktion an dieser Unsterblichkeit ihrer Ursache theilhabend. Ich muß gestehen, daß mir dieses Räsonnement nicht klar werden will. Die Materie ist das einzig Unvergängliche, was wir kennen. Mit diesem Grundsatze stehen die Naturwissenschaften freilich der Theologie schroff gegenüber, die da lehrt, nichts sey vergänglicher als die Materie, und die nur auf das Holz weist, welches im Ofen verbrennt, oder auf den Leichnam, der in der Erde verfault. Allein der Kohlenstoff, der in dem Holze war, ist unvergänglich, er ist ewig und ebenso unzerstörbar als der Wasserstoff und der Sauerstoff, mit welchen er verbunden in dem Holze bestand. Diese Verbindung und die Form, in welcher sie auftrat, ist zerstörbar, die Materie hingegen niemals. Die Materie aber hat eine bestimmte Summe von Kräften, von Funktionen, wenn man will, die ihr als Eigenschaft angehören und die von ihr ursprünglich untrennbar sind. Mit den verschiedenen Verhältnissen, in welchen die Stoffe zusammentreten, mit den Formen, die sie annehmen, differenziren sich auch die Funktionen der Materie in bestimmten Richtungen, und diese Richtungen sind es, die wir als einzelne Kräfte, als Gesetze dieser Kräfte, unterscheiden und kennen lernen. Wenn man daher behauptet, die unsern Körper zusammensetzenden Stoffe seyen unvergänglich, so ist dieß vollkommen richtig, und wenn man daraus den Schluß zieht, daß auch die Funktionen dieser Materie unvergänglich seyen, so ist das ebenfalls eine sichere Wahrheit. Allein die aus der Form und Zusammenstellung der einzelnen Organe hervorgehenden Funktionen sind vergänglich

wie diese und erstehen erst wieder, wenn dieselbe Form und Zusammenstellung des Stoffes sich aufs Neue zusammenfindet.

Die verschiedenen Erscheinungen, welche die embryonale Entwicklung darbietet, auf eine leitende Grundidee zurückzuführen, welche dieselben bewußt oder unbewußt dem Endziele entgegenführt, ist deßhalb eben so unthunlich, als eine isolirte Seele anzunehmen, welche die Lebensäußerungen des Körpers leitet. Das Ei, so wie es einmal gegeben ist, kann sich nur so entwickeln, wie es eben in der Struktur und Mischung seiner bildenden Bestandtheile begründet ist. Sobald man diese materielle Zusammensetzung des Eies ändert, so ändert man auch nothwendiger Weise seine endliche Ausbildung. Man hat künstliche Mißgeburten erzeugt, indem man dem Ei oder dem werdenden Embryo verschiedene Verletzungen beibrachte, ohne daß die leitende Grundidee dieser gezwungenen Abweichung ihres Planes hätte widerstehen können. Man veränderte also mit der materiellen Zusammensetzung auch die Idee selbst und hatte diese gewissermaßen in seiner Gewalt. Die Embryologen haben bis jetzt zu wenig sich mit diesen Fragen beschäftigt, deren Wichtigkeit nicht bedeutend genug schien gegenüber den Untersuchungen, welche die materiellen Umwandlungen des Embryos erheischten. Sie trugen unbemerkt verschiedene medicinische Ideen in die Entwicklungsgeschichte über und sprachen von einer Grundidee, nach welcher sich der Embryo entwickle, so wie der Arzt von einer Heilkraft der Natur oder der Lebenskraft sprach, welche sich planmäßig dem Eindringen der Krankheit widersetzen sollte. Allein so wie man heutzutage nachgerade eine Lebenskraft lächerlich findet, die sich gegen eine Erkältung mit Schweiß, Schleim, Bodensatz im Urin und Durchlauf wehrt, so wird man auch in kurzer Zeit eine Grundidee der embryonalen Entwicklung lächerlich finden, die sich gegen äußere Eingriffe durch Ausbildung von Mißgeburten aller Art zu vertheidigen sucht.

Es bedarf nur noch weniger Andeutungen, um die Geschichte des Embryo als Ganzes darzustellen und zu zeigen, wie die einzelnen Organe in ihrer Entwicklung sich coordiniren, und wie auf der andern Seite die Frucht während ihrer Ausbildung sich dem mütterlichen Organismus gegenüber verhält. Man kann hier je nach Belieben willkürliche Abschnitte machen, indem man diesen oder jenen Zeitpunkt als besonders maßgebend betrachtet. Die Schwangerschaft dauert bekanntlich im Ganzen zehn Mondsmonate oder vierzig Wochen. Die Schwankungen, welche man in dieser normalen Zeitdauer der Schwangerschaft beobachtet, beruhen hauptsächlich auf der Ungewißheit über den Termin, von welchem aus man den Beginn der Schwangerschaft zählen muß; in dieser Hinsicht ist es am gerathensten, von der letzten Menstruation an als derjenigen Epoche zu zählen, wo das Ei sich von dem Eierstocke loslöste und befruchtet wurde.

Den ersten Zeitraum in der Entwicklung des menschlichen Embryos kann man etwa bis zu dem Ende der fünften Woche setzen. Bis zu dem Ende dieser Epoche, wo der Embryo etwa drei Linien lang ist, haben sich schon die wesentlichsten Organe desselben differenzirt. Das Chorion bildet eine ringsum zottige Haut, die indessen noch nirgends an den Wänden der Gebärmutter fixirt ist. Der Embryo selbst hat sich aber beinahe vollständig in der Mittellinie bis auf den spaltförmigen Nabel geschlossen. An seinem hintern Ende tritt die Allantois; — in der Mitte des Bauches aus der Umbeugungsstelle des Darmes, der fast gerade gestreckt ist, die Nabelblase hervor. Die Schafhaut ist eben gebildet und stellt noch einen engen, den Embryo knapp umschließenden Sack dar. Die Hirnblasen sind geschlossen, die Hemisphären des großen Gehirns schon bedeutend hervorgewuchert und in den Augen schwarzes Pigment abgelagert. Die Kiemenbogen sind eben im Begriffe, sich wieder vollständig zu schließen; — sie werden nur noch durch seitliche Falten am Halse angedeutet. Die Gliedmaßen zeigen sich in Form schaufelartiger Floßen ohne Theilungen; der Rumpf endet schwanzförmig. Von festeren Theilen des Skelettes sieht man nur die Chorda und

die Wirbelplatten. Herz und Leber sind verhältnißmäßig sehr groß, die Wolffischen Körper beginnen schon sich zurückzubilden; Lungen, Nieren und Zeugungsorgane sind eben angelegt.

In dem zweiten Zeitraume, der bis zu dem Ende des dritten Mondsmonates oder der zwölften Woche geht, entwickelt sich hauptsächlich die Verbindung des Embryo mit dem Fruchthalter durch die Placenta. Der Embryo selbst vergrößert sich bedeutend, während seine innern Organe eine zunehmende Entwicklung zeigen. Die Beugungsstellen des Schädels haben sich allmählig ausgeglichen und der Kopf selbst hat eine kuglige Gestalt erhalten, indem er bestimmt von dem Halse abgeschnürt ist. Die knorpligen Grundlagen aller Schädelknochen sind angelegt, und hie und da zeigt sich sogar schon Verknöcherung einzelner Punkte. Die Scheidung der Mund- und Nasenhöhle ist durch das Verwachsen des Gaumendaches vollendet; die Augenlieder fertig gebildet und mit einander verklebt; die Lippen ebenso zu Schließung des Mundes geeignet; sämmtliche Organe der Brust- und Unterleibshöhle in ihrer relativen Lage vorhanden; — doch ist der Magen noch kurz, senkrecht gestellt und kaum von dem Darme geschieden, die Nieren lappig. Die Hoden oder Eierstöcke liegen dicht unter den Nieren; die äußern Zeugungsorgane sehen einander außerordentlich ähnlich, so daß beide Geschlechter schwer von außen zu unterscheiden sind. Die Gliedmaßen sind vollständig entwickelt, aber verhältnißmäßig noch klein, und in ihren Proportionen abweichend von denen des Erwachsenen, indem die Endglieder verhältnißmäßig weit größer sind als die Mittelglieder. Die Placenta ist vollständig entwickelt, das Chorion flockenlos.

Die ganze Zeit bis zum Ende des dritten Mondsmonats und bis zur vollständigen Ausbildung der Verbindung zwischen Mutter und Frucht kann man als den ersten Zeitraum der Schwangerschaft bezeichnen. Während dieser Zeit sind die äußeren Zeichen der Schwangerschaft selbst noch sehr trügerisch, ungewiß und können leicht mit andern krankhaften Zuständen verwechselt werden. Der Congestionszustand in den Geschlechtstheilen, welcher

durch die Einsaat des Eies bedingt ist, gibt sich durch mancherlei Zufälle, besonders nervöser Art, zu erkennen, namentlich durch Reizung des Magens, Ekel und Erbrechen, das oft die größte Hartnäckigkeit besitzt und keinem Mittel weichen will. Dazu gesellen sich sehr häufig hysterische Zufälle aller Art, wie denn die Gelüste der Schwangern von jeher manchen Stoff zu Satyre geboten haben. Sobald einmal die Verbindung zwischen Mutter und Frucht vollständig in der Placenta hergestellt ist, so verschwinden diese krankhaften Erscheinungen allmählig wieder, so daß sich die Schwangere in den späteren Zeiten wohler befindet als im Anfange.

Der dritte Zeitraum der Embryonalbildung kann etwa bis zu dem sechsten Monate gesetzt werden; — indem um diese Zeit herum der Embryo schon fähig wird, außerhalb des mütterlichen Organismus sein Leben fortzusetzen. Es versteht sich von selbst, daß dann die sämmtlichen Organe so weit entwickelt sind, daß der Lungenkreislauf eingeleitet, die Ernährung durch den Darm bewerkstelligt werden kann und die Drüsen befähigt sind, ihren Funktionen vorzustehen. Die äußere Haut, die früher schleimig und weich war, wird fester und bedeckt sich fast überall mit eigenthümlichen Wollhaaren, welche später wieder schwinden. Die Nägel beginnen hornig zu werden, obgleich ihre Consistenz kaum bedeutender ist, als die der übrigen Haut; diese letztere liegt überall dem Körper nur schlapp an, so daß sie Falten und Runzeln bildet, welche besonders dem Gesichte ein greisenartiges altes Aussehen geben, das später durch Ansammlung von Fett unter der Haut wieder schwindet. Bei kranken, schlecht genährten Embryonen aber bleibt dieses ältliche Aussehen und kann stets als ein sicheres Zeichen von Unreife oder krankhafter Constitution des Kindes angesehen werden.

Während dieser Zeit, in welcher der Embryo etwa fünfzehn Zoll lang und gegen zwei Pfund schwer wurde, entwickeln sich bei der Mutter besonders die eigenthümlichen äußeren Zeichen der Schwangerschaft durch allmähliges Hervordrängen der ausgedehnten Gebärmutter über den Raum des kleinen Beckens,

ſo wie durch ſpecifiſche Veränderungen des Muttermundes. Der Leib wölbt ſich in dieſer Zeit mehr und mehr hervor, und die Eingeweide werden durch die Ausdehnung der Gebärmutter nach oben und hinten zuſammengeſchoben.

In dem letzten Zeitraume der Schwangerſchaft iſt es hauptſächlich die Vermehrung der Maſſe des Embryo, ohne bedeutende Aenderungen in der Struktur der Organe, ſo wie die allmählige Vorbereitung der Trennung, auf welche die Richtung der bildenden Thätigkeit hingelenkt wird. Ein vollkommen reifes Kind iſt ſechs bis ſieben Pfund ſchwer, achtzehn bis zwanzig Zoll lang, und liegt in gekrümmter Stellung in der Gebärmutter, mit dem Kopfe nach unten und dem Steiße nach oben. Der Kopf iſt gegen die Bruſt hin eingebogen, die Arme über einander geſchlagen, die Füße gegen den Leib gezogen; — kurz die ganze Lage gleicht derjenigen eines Igels, der ſich zuſammenrollt. Die Nägel eines ſolchen Kindes ſind feſt und hornig, das Kinn angedeutet, die Knochen des Kopfes alle gebildet, wenn auch nicht vollſtändig mit einander verbunden. Aus dieſem Grunde zeigen ſich an dem Schädel zwei bedeutendere Lücken, die ihrer abweichenden Geſtalt und Größe wegen für den Geburtshelfer die weſentlichſten Hülfsmittel zur Erkennung der Lage des Kindes bilden. Die vordere dieſer Lücken oder die große Fontanelle hat eine rhomboidale Geſtalt und liegt an der Stelle, wo die beiden Stirnbeine und die beiden Scheitelbeine mit einander zuſammentreffen, mithin auf der Höhe der Stirn etwas hinter dem Beginne der Kopfhaare; — die kleine Fontanelle, die dreieckig iſt, liegt ebenfalls in der Mittellinie an dem Punkte, wo die beiden Scheitelbeine und die Schuppe des Hinterhauptbeines mit einander zuſammenſtoßen.

Durch die Geburt wird der Embryo von dem mütterlichen Organismus ausgeſtoßen und zu ſelbſtſtändigem Leben angewieſen. Es iſt unſere Abſicht nicht, auf den Mechanismus dieſes Aktes hier näher einzugehen. Man bemerkt meiſtens Vorbereitungen zu der Geburt durch anhaltende Spannung und ſchießende Schmerzen in der Gebärmutter, ſo wie durch allmählige Erweiterung

ihrer Oeffnung. Nachdem dieses einige Zeit lang gedauert hat, so beginnen wirkliche Zusammenziehungen der Gebärmutter, die anfangs in längeren, dann in kürzeren Zeiträumen periodisch wiederkehren. Durch diese vorbereitenden Wehen wird das Ei gegen die Mündung der Gebärmutter gedrängt, und die in den Häuten angesammelte Flüssigkeit nach vorn gegen die Oeffnung hin getrieben. So bilden denn die Eihäute eine prall gespannte Blase in der Oeffnung der Gebärmutter, die endlich platzt und das Fruchtwasser entströmen läßt. Unter fortdauernder Zunahme der Wehen wird dann allmählig der Embryo mit dem Kopfe voran, das Gesicht nach hinten gerichtet durch den Beckenausgang und die äußeren Geschlechtstheile gleichsam hindurchgedreht. Bei diesem Akt bildet natürlich der dicke Kopf das wesentlichste Hinderniß. Da indeß die Knochen desselben noch nicht vollständig mit einander verbunden sind, so schieben sich dieselben über einander und vermindern dadurch den Durchmesser des Kopfes. Der Körper des Kindes folgt leicht nach, sobald der Kopf einmal durchgegangen ist, und nach seiner vollständigen Ausstoßung erfolgt eine mehr oder minder lange Ruhe, nach welcher dann erneuerte Zusammenziehungen die losgelöste Placenta ebenfalls austreiben. Sobald dieß geschehen ist, so zieht sich die Gebärmutter nach und nach während des Wochenbettes auf ihren frühern Umfang zurück.

Der Embryo selbst beginnt mit dem ersten Athemzuge sein selbstständiges Leben. Durch die Erfüllung der Lungen mit Luft und durch die Loslösung der Placenta von der Gebärmutter ist dem Kreislaufe eine andere Richtung gegeben worden, die Aufnahme von Stoffen aus dem Blute der Mutter kann nicht mehr statt finden, und somit ist denn auch das Bedürfniß nach selbstständiger Ernährung da, welche im Anfange freilich noch durch eine eigenthümliche Sekretion der Mutter, durch die Milch vermittelt wird.

Achtundzwanzigster Brief.

Die Mißbildungen.

Die Mißgeburten, welche nicht nur beim Menschen, sondern auch bei Thieren, und selbst bei wilden Thieren ziemlich häufig vorkommen, wurden in früheſter Zeit als Zeichen des Zornes der Gottheit angeſehen, welche dadurch bevorſtehendes Unglück, Strafgerichte und andere Ausbrüche der Art anzeigen ſollte. Es war dieſe Anſicht eine nothwendige Folgerung aus dem Glauben, welcher die Entſtehung eines jeden organiſchen Weſens einem bewußten Schöpfer unterlegte, ſtatt daſſelbe unmittelbar aus natürlichen Geſetzen hervorgehen zu laſſen. In der That iſt nicht abzuſehen, warum man ſich von dieſer Anſicht der üblen Bedeutungskraft der Mißbildungen frei machen will, wenn man doch ihren Vorderſatz fernerhin anerkennt. Wenn das organiſche Weſen aus der Hand eines bewußten Schöpfers hervorgeht, ſo müſſen auch die Mißbildungen einen beſtimmten bewußten Zweck haben, den man je nach Gefallen ihnen unterſchieben kann.

Die abſchreckenden Geſtalten, welche viele Mißgeburten darbieten, gaben Gelegenheit zu den mannigfaltigſten Deutungen, beſonders aber zu höchſt ſeltſamen Vergleichen mit allerhand Dingen, vor denen man Ekel hatte. So wie man in den bizarren Formen der Tropfſteingebilde Aehnlichkeiten erblickt, die meiſt nur demjenigen klar werden, dem man ſie vorher ankündigt, während der Uneingeweihte ſie vergeblich ſucht, ſo ſah man auch in den Mißgeburten alle möglichen Combinationen ekelhafter Thiere mit menſchlichen Formen. Von den Muttermalen an

bis zu den ausgebildetſten Mißgeburten ſchlang ſich in dieſer Weiſe für das Volk eine Kette phantaſtiſcher Geſtalten, die ſtets neuen unerwarteten Zuwachs fand. Jedermann weiß, daß in den anatomiſchen Muſeen die Mißgeburten den für das Publikum intereſſanten Theil der Sammlung ausmachen, und wenn man die Geſpräche hört, welche über deren Geſtalten geführt werden, ſo kann man nicht umhin zu finden, daß trotz der geprieſenen Aufklärung noch manche Vorurtheile unter dem Volke herrſchen.

Das Volk ſucht meiſtens die Urſache der Mißbildungen nicht in dem Keime oder in dem Fötus, ſondern vielmehr in der Mutter, und es iſt eine ziemlich allgemeine Anſicht, daß die Schwangeren ſich *verſehen* könnten, und daß dann der Fötus in Folge dieſes Verſehens eine Mißbildung an ſich trage, welche gewiſſermaßen die Form und das Ausſehen desjenigen Objektes wiederhole, an welchem ſich die Schwangere verſehen habe. Eine Schwangere erſchrickt über einen Truthahn, der auf ſie zukommt; — das Kind, welches ſie gebiert, hat an dem Arme eine erektile Blutgeſchwulſt, die blauroth ausſieht. Es iſt klar, daß die Schwangere ſich an dem Truthahn verſehen hat, und daß der fleiſchige Anhang, den dieſer Vogel an dem Schnabel trägt, und der ihm beim Zorne ſchwillt, von der Natur auf dem Arme des Kindes nachgebildet wurde. Man hat hundert und aber hundert Geſchichten dieſer Art, welche alle in ähnlicher Weiſe verknüpft ſind, und man kann wohl ſagen, daß manche arme Schwangere die ganze Zeit, in welcher ſie ſich ihres Zuſtandes bewußt iſt, in Kummer und Sorgen zubringt, damit ſie ſich nicht verſehen und eine Mißgeburt zur Welt bringen möchte. Die Theorie des Verſehens mag wohl ſo 'alt ſeyn, als das Menſchengeſchlecht ſelber, und da man in unſerer Zeit der hiſtoriſchen Rechte einen Irrthum um ſo ehrwürdiger findet, je älter er iſt, ſo verdient auch dieſer einige Beachtung. Gründete ja doch Erzvater Jakob zuerſt die Theorie des erlaubten Betruges auf den Grundſatz des Verſehens, indem er den Schafen ſeines Schwiegervaters beim Tränken geſprenkelte Stäbchen vorlegte und

so die Erzeugung gefleckter Lämmer bewerkstelligte. Bei den Hebräern herrschte also der Glaube an das Versehen in hohem Grade. In nicht minderem Ansehen stand dieser Glaube bei den alten Griechen, wo Hippokrates durch die Berufung auf denselben, wie erzählt wird, eine Prinzessin von der Anklage des Ehebruchs rettete, die ihrem weißen Gemahle ein schwärzliches Negerkind geboren hatte. Hippokrates behauptete nämlich, die Prinzessin habe sich an dem Bilde eines Negers versehen, das an ihrem Bette hing. Der Stifter der Medicin würde mit dieser Theorie heutzutage in Westindien und Brasilien wohl nur wenig Glück machen, und ein Schafzüchter unserer Zeit würde zur Erzeugung gesprenkelter Lämmer lieber verschiedenartig gefärbte Böcke und Schafe als gescheckte Stäbe benutzen, wahrscheinlich auch bei diesem Verfahren sicherere Resultate erzielen, als der Erzvater der Juden bei dem seinigen.

Es ist keine Frage, daß die Verbindung zwischen Mutter und Frucht bei den Säugethieren der Art ist, daß bestimmte Einflüsse von dem mütterlichen Organismus auf denjenigen des Kindes übertragen werden können. Es existirt zwar keine direkte Verbindung zwischen Mutter und Frucht, allein wir haben gesehen, daß die Blutmassen beider in steter Wechselwirkung mit einander stehen und eine lebhafte Endosmose zwischen denselben vermittelt wird. Wir wissen aber, wie schnell gemeinschaftliche Affekte bei reizbaren Personen auf die ganze Ernährung und somit auf die Zusammensetzung der Blutmasse einwirken können. Daß diese Veränderungen sich auf die Blutmasse des Fötus übertragen und Störungen in der Ernährung desselben hervorbringen, oder, mit andern Worten, den Fötus krank machen können, ist leicht einzusehen. Wir wissen bestimmt, daß Krankheiten der Mutter sich auf das Kind übertragen, daß syphilitische Mütter z. B. durch und durch angesteckte Kinder geboren haben, daß verschiedene Säftemischungen, Kacherien sich von der Mutter auf das Kind forterben; — allein diese Uebertragungen sind dennoch im Ganzen seltener als man glauben könnte, und der Einfluß des mütterlichen Organismus auf den kindlichen beschränkter

als man erwarten ſollte. Die Fehlgeburten und Frühgeburten, welche ſo häufig ſtatt haben, darf man nicht als Beweiſe für dieſen Einfluß der Mutter anführen, da ſie hauptſächlich durch krankhafte Zuſtände der Geſchlechtstheile oder des mütterlichen Organismus bedingt ſind. Die meiſten Fehlgeburten fallen zwiſchen den vierten und fünften Monat der Schwangerſchaft, d. h. in eine Zeit, wo der Embryo faſt vollſtändig ausgebildet iſt, wo er aber bedeutend wächst und die raſche Ausdehnung des Uterus in dem gewöhnlichen Verhalten der übrigen Organe Störungen hervorbringt. Sobald dieſe einmal ſich an die ſtärkere Ausdehnung der Gebärmutter gewöhnt haben, ſo werden auch die Fehlgeburten ſeltener; — ein ſicherer Beweis, daß dieſe Zufälle hauptſächlich durch den Zuſtand der mütterlichen Organe bedingt ſind.

Die Organe des Embryo ſind, wie wir ſchon früher geſehen haben, zu Ende des zweiten Monats der Schwangerſchaft größtentheils angelegt und von dieſem Zeitpunkte an nur in ihrer Entwicklung begriffen. Die engere Verbindung zwiſchen der Gebärmutter und dem Embryo entwickelt ſich aber erſt, wenn die Hauptanlagen der Organe ſchon gegeben ſind. Die Wechſelwirkung der beiderſeitigen Blutmaſſen in der Placenta findet erſt nach dieſer Zeit ſtatt, und es iſt ſomit höchſt unwahrſcheinlich, daß früher pſychiſche Einflüſſe auf das Leben des Embryo und die Entwicklung ſeiner Organe Einfluß haben könnten. Die meiſten Geſchichten, welche das Verſehen der Schwangern darthun ſollen, beziehen ſich aber auf die ſpäteren Monate der Schwangerſchaft, wo die Organe ſchon denjenigen Zuſtand der Entwicklung überſchritten haben, den ſie bei der Mißbildung zeigen. Wenn eine Schwangere z. B. deßhalb ein Kind mit einem Wolfsrachen geboren haben ſoll, weil ſie ſich im vierten oder fünften Monate an irgend einem Gegenſtande verſah und über denſelben erſchrack, ſo kann man geradezu behaupten, daß dieß unmöglich ſey, indem in dieſem Zeitpunkte der knöcherne Gaumen und die urſprüngliche Lippenſpalte ſchon längſt hätten geſchloſſen ſeyn ſollen, die Mißbildung demnach ſchon

früher existirte als ihr eingebildeter Grund, der Schreck und das Versehen, statt hatte.

Wir kennen eine große Menge von Thatsachen, die darauf hinzeigen, daß schon in der ursprünglichen Anlage des Kindes zuweilen Verhältnisse obwalten, welche Mißbildungen bedingen. Fast alle ganz jungen, durch Fehlgeburten abgegangenen Eier, die man bis jetzt untersucht hat, waren offenbar krank, indem bald der Embryo, bald seine Häute Abweichungen von der normalen Struktur zeigten. Es gibt gewisse Mißbildungen, welche in den Familien sich forterben, und mancher mütterliche Organismus erzeugt neue Keime, die in einzelnen Organen abnorme Entwicklungsrichtungen darthun. So gibt es Frauen, welche nur Kinder mit überzähligen Fingern, mit Hasenscharten, mit mangelhafter Entwicklung des Gehirnes zur Welt bringen, andere, bei welchen unter mehreren Kindern einige normal entwickelt, die andern mißbildet sind. Das constante Vorkommen derselben Bildungsfehler bei den Produkten eines und desselben mütterlichen Organismus berechtigt uns zu dem Schlusse, daß die Keime, welche dieser mütterliche Organismus erzeugt, von Anfang an den Grund solcher Mißbildungen an sich tragen. Obgleich uns die Einwirkung des Samens auf das Ei noch durchaus ins Dunkel gehüllt erscheinen muß, so ist doch so viel sicher, daß auch von des Vaters Seite solche ursprünglichen Tendenzen zu Mißbildungen des Embryo in das Ei eingepflanzt werden können. Schon die Familienähnlichkeit liefert hiefür einen Beweis, und wenn auch dieselbe vielfach betrogenen Ehemännern gegenüber mißbraucht worden ist, so läßt sie sich doch nicht durchaus wegläugnen, und beurkundet sich namentlich durch die Aehnlichkeiten, welche Kinder einer und derselben Familie trotz der Verschiedenheit ihrer Gesichtszüge namentlich den Fremden erkennen lassen. Diese allgemeine Aehnlichkeit fällt namentlich dann auf, wenn man mit fremden Völkerstämmen zusammenkommt, deren einzelne Glieder uns alle über denselben Leist geschlagen erscheinen. Man erinnert sich in Deutschland noch sehr wohl des Eindruckes, den die russischen Horden bei ihrem

Erscheinen im Befreiungskriege machten. Man konnte die Kalmuken, die Baschkiren durchaus nicht von einander unterscheiden, da eben nur die allgemeine Uebereinstimmung ihrer Züge frappirte und die individuelle Abweichung dem überraschten Auge entging. Ich selbst bin hundertmal mit meinem Bruder verwechselt worden und habe bei dem besten Willen keinen auch einzigen Zug finden können, worin ich ihm etwa ähnlich sehe; eben so oft haben mich Leute auf den ersten Blick erkannt, welche nur meinen Vater oder meine Mutter gesehen hatten.

Was für die geringen Specialitäten der Ausbildung gilt, welche die Familienähnlichkeit begründen, das kann auch bei tiefer gehenden Organisationsverhältnissen nicht in Abrede gestellt werden. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß das Ei an sich von seiner ursprünglichen Bildung her gewisse Organisationsrichtungen mitbringen kann, so wie auch daß dieselben durch die Einwirkung des männlichen Samens in dasselbe eingepflanzt werden können.

Wir haben ferner unwiderlegbare Beweise dafür, daß der Fötus während seiner Entwicklung selbstständig krank werden kann und daß Mißbildungen als Resultate dieser Krankheiten zurückbleiben können. Es werden durch diese Krankheiten hauptsächlich wassersüchtige Anschwellungen erzeugt, die in den verschiedenen Höhlen der embryonalen Organe sich ausbilden und auf diese Weise mannigfaltige Formen der Mißgeburten erzeugen. Auch manche andere Mißbildungen, wie namentlich Gefäßgeschwülste, beruhen sicherlich auf Krankheitsprocessen, welche mehr oder minder denen des Erwachsenen entsprechen. Selbst durch äußere Einwirkungen können dergleichen krankhafte Mißbildungen erzeugt werden. Man hat mehr oder minder begründete Beispiele, daß durch einen Stoß oder Schlag auf den Unterleib der Fötus mechanische Verletzungen erlitt, oder daß durch eigenthümliche Verhältnisse des Eies selbst, durch Verwicklungen des Nabelstranges ꝛc., solche mechanische Verletzungen erzeugt wurden. Man hat sogar künstliche Mißbildungen erzeugt, die man durch mechanische Verletzungen des Embryos hervorbrachte.

Aus allem dieſem geht hervor, daß wir in der urſprünglichen Bildung der Keime und der befruchtenden Flüſſigkeit, ſo wie in den zufälligen Störungen, welche der Fötus während der Entwicklung erleiden kann, Urſachen genug finden zu Mißbildungen der Frucht, und daß wir nicht zu dem alten Irrwahne des Verſehens unſere Zuflucht zu nehmen brauchen, um die Entſtehung ſolcher Mißbildungen zu erklären. Wenn alle Frauen, welche während ihrer Schwangerſchaft erſchrecken oder irgend einen andern unangenehmen Eindruck erleiden, mißbildete Kinder zur Welt bringen müßten, ſo würden wir wahrhaftig nur Mißgeburten entſtehen ſehen, und ſo weit ſind wir doch noch nicht gekommen, trotz allen Entartungen des Menſchengeſchlechts, welche uns von altem und jungem Unverſtand gepredigt wird.

Während in früheren Zeiten man ſich mannigfach auf das Anſtaunen der abnormen Geſtalten, welche die Mißbildungen darbieten, beſchränkte und darin einen unmittelbaren Eingriff der ſchöpfenden Kraft erblicken zu müſſen glaubte, ſo erkannte man mit dem Zunehmen wiſſenſchaftlicher Beſtrebungen mehr und mehr, daß die Mannigfaltigkeit der Formen in den Mißbildungen dennoch gewiſſen Geſetzen gehorcht, die man um ſo beſſer zu würdigen verſtand, je genauer man die Entwicklungsgeſchichte überhaupt in ihren Erſcheinungen ſtudirte. Je mehr man mit der frühern Entwicklung der Embryonen vertraut wurde, deſto mehr lernte man viele Mißbildungen als ein Zurückbleiben auf früherer Stufe der Bildung kennen. Wenn man z. B. Neugeborne ſah, bei welchen die Bauchdecken vorn geſpalten waren, und die Eingeweide bloß lagen, ſo war es bei einiger Kenntniß der Entwicklungsgeſchichte leicht einzuſehen, daß dieſe Bildung einer früheren Zeit angehöre, in welcher die Bauchdecken normal ſich noch nicht in dem Nabel zuſammengeſchloſſen haben. Solche und ähnliche Mißbildungen nannte man *Hemmungsbildungen*, und begriff darunter alle diejenigen Fälle, in welchen eine in früherer Zeit normale Struktur des embryonalen Leibes in abnormer Weiſe ſich länger erhalten hatte, als ihr geſetzmäßiger Weiſe zukam. Solche Hemmungsbildungen

begründeten begreiflicher Weise Thierähnlichkeiten, wenn sie in solchen embryonalen Charakteren auftraten, die in niederen Wirbelthieren auch im erwachsenen Zustande sich bleibend erhalten. In andern Fällen hingegen betreffen diese Hemmungsbildungen solche embryonalen Charaktere, die niemals bleibend sich entwickeln, sondern stets nur vorübergehend auftreten. Da man früher die vergleichende Anatomie besser kannte, als die Entwicklungsgeschichte, so fand man die Anhaltspunkte für solche Hemmungsbildungen weit eher bei den niedern Wirbelthieren, und betrachtete deßhalb die Hemmungsbildungen wesentlich als das Resultat einer Annäherung zu Thierähnlichkeiten, als Rückfall zu niederer Stufe der Organisation. Man sieht leicht ein, daß diese aus der vergleichenden Anatomie hervorgegangene Ansicht nur eine beschränkte sey, und eben darauf beruht, daß jedes Organ bei den höheren Wirbelthieren verschiedene typische Veränderungen durchläuft, von welchen ein Theil sich bleibend bei den niederen Thieren erhalten kann.

Daß diese Hemmungsbildungen außerordentlich viele Formen der Mißbildung erklären, unterliegt keinem Zweifel. Indeß muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß wir vielleicht keine einzige Hemmungsbildung kennen, welche ganz genau auf dem Punkte stehen bleibt, den sie im Anfange behauptete, sondern daß der in seiner Bildung gehemmte Theil dennoch fast immer in gewisser Richtung sich fortbildet und so einen abnormen Zustand erreicht, der in etwas von der embryonalen Bildung abweicht. Diese eigenthümliche gleichsam in schiefer Richtung abweichende Entwicklung der Hemmungsbildungen hat man dann als besondere Art derselben abtrennen wollen, wenn sie einen gewissen Grad erreichte, hat aber dabei übersehen, daß alle möglichen Uebergänge sich finden. So betrachtete man z. B. die oben angeführte Spaltung des Gaumens, den Wolfsrachen, als eine reine Hemmungsbildung, diejenige der Iris hingegen, das sogenannte Colobom nicht, weil die Iris ursprünglich als ein rundes Gebilde ohne Spalt angelegt werde. Aber die Iris bildet sich erst, nachdem der ursprüngliche Spalt des Auges sich

geschlossen hat, und wenn dieser offen bleibt, so kann sie nicht anders, als in Form eines gespaltenen Ringes sich entwickeln. Indem man aber die Spaltung der Iris als etwas Besonderes, den Wolfsrachen aber als eine reine Hemmungsbildung ansah, vergaß man, daß der knöcherne Oberkiefer auch nie eine solche Spalte zeigt, wie sie bei dem Wolfsrachen vorkommt, sondern daß er eben erst verknöchert, wenn die Spalte schon durch die knorpligen Anlagen der Knochen geschlossen ist.

Wenn wir die Existenz von Hemmungsbildungen darthun können, so ist es uns im Gegentheile nicht vergönnt, sagen zu können, auf welchen Ursachen specieller Art die Entstehung derselben beruhte. Daß sowohl ursprüngliche abnorme Anlage der Keimstoffe, als auch später sich entwickelnde zufällige Einflüsse Hemmungsbildungen hervorrufen können, unterliegt wohl keinem Zweifel. Warum aber solche allgemeinere Ursachen dieses oder jenes specielle Organ befallen und in seiner Entwicklung aufhalten, wissen wir nicht und wird auch vor der Hand nicht eher ergründet werden können, als bis man weiß, warum bei dem Erwachsenen eine allgemeine Schädlichkeit dieses oder jenes specielle Organ befällt.

Wir haben in dem Vorhergehenden hauptsächlich nur von denjenigen Mißbildungen gesprochen, welche in einem einzigen Individuum, einem einzigen Embryonen vorkommen können und sich dadurch charakterisiren, daß durch Hemmungsbildungen einzelne Theile derselben eine verkehrte Ausbildung genommen haben. Durch irgend einen Zufall oder durch eine ursprüngliche Anlage des Keimes ist demnach diese qualitative Abänderung der Entwicklung bedingt. Außer diesen Mißbildungen aber gibt es noch eine andere sehr merkwürdige Classe, welche sich hauptsächlich dadurch auszeichnet, daß eine quantitative Vermehrung in der embryonalen Anlage sich kund gibt, und zwar in der Weise, daß einzelne Theile in dem Keime sich verdoppeln. Diese Verdopplung kann selbst so weit fortschreiten, daß zwei beinahe vollständige Individuen sich aus einem einzigen Keime entwickeln können. Man hat öfter behauptet, daß jede Doppelmißgeburt

ein Resultat der Verschmelzung zweier Keime sey, welche durch irgend eine Ursache mehr oder minder vollständig in einander aufgingen. Auf den ersten Anblick scheint eine solche Ansicht über die Entstehung der Doppelmißgeburten allerdings die begründetste. Wie könnte eine andere Ansicht Raum finden, wenn man Doppelmißgeburten begegnet, welche nur an einem einzelnen Theile ihres Körpers mit einander verbunden sind und im Uebrigen zwei durchaus ausgebildete Körper zeigen? Bei dem Anblicke der siamesischen oder italienischen Zwillinge (Rita-Christina), welche nur durch ein schmales mittleres Band in der Brustgegend mit einander vereinigt waren, dessen Trennung man vielleicht hätte versuchen können, wird es einem Jeden wohl zuerst in den Sinn gekommen seyn, an ein zufälliges Zusammenwachsen zweier Embryonen zu denken. Berücksichtigt man aber, daß von der geringsten Vermehrung eines unbedeutenden Organes bis zu der fast vollständigen Trennung der Doppelmißgeburten eine ununterbrochene Kette von Zwischenstufen sich hinzieht, und daß man nirgends in dieser Beziehung einen Haltpunkt finden kann, so gewinnt die Sache ein anderes Ansehen. Es wird wohl Niemand einfallen, in einem überzähligen Finger, welchen ein Kind mit auf die Welt bringt, den Beweis zu sehen, daß dieses Kind aus zwei verschmolzenen Keimen sich gebildet habe, von welchen der eine bis auf einen Finger verschwunden, der andere aber vollständig ausgebildet sey. Von dieser einfachsten aller Verdopplungen aber läßt sich, wie schon bemerkt, eine fortschreitende Reihe bis zu den siamesischen Zwillingen aufstellen.

Wenn man aus diesen Thatsachen schon vermuthen muß, daß die Doppelmißgeburten *nicht* durch Verschmelzung zweier Keime, sondern vielmehr durch ursprüngliche Anlage eines einzigen Keimes entstehen, so spricht hiefür außerdem noch ein äußerst wichtiges Gesetz, von welchem man bis jetzt noch keine Ausnahmen kennt. Die Doppelmißgeburten sind nämlich stets mittelst gleichnamiger Theile Organe und Systeme zusammen verschmolzen. Man hat noch nie eine Doppelmißgeburt gefunden, in welcher z. B. der Kopf an den Bauch oder an den

Rücken angewachsen wäre, wo die Bauchfläche des einen Kindes mit der Rückenfläche des andern, oder die Leber des einen mit dem Herzen des andern sich verbunden hätte, sondern stets fand man Kopf an Kopf, Bauch an Bauch, Glied an Glied. Diese Gesetzmäßigkeit der Verwachsung deutet offenbar darauf hin, daß man an kein zufälliges Verschmelzen zweier Keime denken könne, sondern daß vielmehr ein einziger Keim mehr oder minder vollständig sich spalte und verdopple.

Die Doppelmißgeburten sind verhältnißmäßig so selten, daß man nur äußerst wenige Beobachtungen über unentwickelte Embryonen aus frühester Zeit besitzt, bei welchen Doppelbildungen sich einleiteten. Man kennt indessen doch eine genauer beschriebene Doppelbildung aus dem Anfange des dritten Tages der Bebrütung bei dem Hühnerembryo. Beide Embryonen lagen in einem kreuzförmigen Fruchthofe, waren mit dem Kopfe verwachsen, während sie nach hinten von einander abstanden und das Herz sogar in doppelter Anlage vorhanden war. Der Dotter war einfach und somit nicht daran zu denken, daß zwei Keime in demselben Ei vorhanden gewesen seyen.

Man hat bis jetzt mehrere unzweifelhafte Fälle beobachtet, wo in einem einzigen Graaf'schen Follikel zwei Eier vorhanden waren. Daß man solche Fälle nicht zur Bildung von Doppelmißgeburten anrufen dürfe, versteht sich aus dem Gesagten wohl von selbst. Denn damit, daß zwei Eier neben einander in demselben Follikel eingeschlossen liegen, ist noch nicht gesagt, daß sie nothwendig mit einander verschmelzen müssen. Es ist überhaupt kaum denkbar, wie eine solche Verschmelzung entstehen könne, da das Ei innerhalb des Follikels und während seines Durchganges durch den Eileiter von der verhältnißmäßig sehr dicken Zona umhüllt ist und später, wenn die Zona sich verdünnt und in das Chorion umgewandelt hat, die Bildung des Embryo schon so weit vorangeschritten ist, daß an eine Verschmelzung auch nicht gedacht werden könnte. Es dürften vielmehr solche Fälle eher zur Erklärung von Zwillingsschwangerschaften benutzt werden, obgleich auch hier nicht abzusehen ist,

warum eine Zwillingsschwangerschaft nicht eben so gut durch das Platzen zweier Graaf'schen Follikel hervorgebracht werden könne.

Man kennt einige wenige seltene Fälle, in welchen mehr oder minder entwickelte Embryonen innerhalb eines andern Fötus eingeschlossen waren. In dieser Beziehung herrscht kein Gesetz vor. Man fand eingeschlossene Theile oder ganze Embryonen in der Bauchhöhle, in dem Gefäße und an andern Orten, und gerade diese Gesetzlosigkeit hinsichtlich des einschließenden Ortes scheint darauf hinzuweisen, daß in solchen Fällen wirklich zwei Keime in dem Eie vorhanden waren, von welchen der eine den andern überwucherte und einschloß. Man hat Fälle gesehen, wo in einem Eie zwei Dotter vorhanden waren, von denen der eine meist kleiner und unentwickelter als der andere schien, so daß sich wohl hieraus diese seltenen Fälle von eingeschlossenen Embryonen und dadurch bedingter Doppelbildung erklären ließen.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf die verschiedenen Formen eingehen, welche die Mißbildungen überhaupt zeigen, und dieselben im Einzelnen zergliedern. Es genügt auf die allgemeinen Typen derselben aufmerksam gemacht und gezeigt zu haben, daß hauptsächlich die individuelle Anlage des Keimes es ist, welche auf die Hervorbringung von Mißbildungen einen bestimmten, wesentlichen Einfluß äußert. Der mütterliche Organismus zeigt seinen Einfluß hauptsächlich nur insofern, als er eben den Keim in sich erzeugt und ihm dadurch einen gewissen ursprünglichen Stempel aufdrückt, der in seiner ferneren Ausbildung sich erhält. Späterer Einfluß von Seiten der Mutter auf den Fötus ist nur insofern denkbar, als die Blutmischung des mütterlichen Organismus diejenige des Fötus wesentlich verändern und dadurch Krankheiten des Fötus erzeugen kann, die bleibende Mißbildungen verursachen. Allein diese Krankheiten sind anerkanntermaßen nur eine geringe Quelle, aus welcher höchst wenige Mißbildungen hervorgehen, und namentlich nicht diejenigen, welche man als Folgen des Versehens gewöhnlich betrachtet. Die Furcht vor dem Versehen ist deßhalb eine total thörichte, und es würde weit besser für die Lehre von den

Mißbildungen überhaupt stehen, wenn man die alte Theorie von dem Versehen überhaupt gänzlich aus dem physiologischen Repertoir ausstreichen und anerkennen würde, daß man erst dann solche Theorien annehmen darf, wenn kein anderer Weg der Erklärung möglich ist.

Es ist aus dem Vorhergehenden schon ersichtlich, daß wir selbst diejenigen Folgerungen verwerfen müssen, welche aus dem Begriffe hervorgehen, den man unter dem Namen der Idee der Gattung aufgestellt hat. Man hat sich genöthigt gesehen, diesem Prinzipe gemäß unter den Mißbildungen verschiedene Klassen aufzustellen, je nachdem dieselben die Idee der Gattung nicht erreichen, dieselbe überschreiten, oder aber von derselben abweichen. Analysirt man diesen Begriff näher, so kommt man eben darauf, in dieser Idee der Gattung den schöpfenden selbstbewußten Gedanken wieder zu finden, der von der Materie losgelöst, dieselbe nach seinen Capricen modelt. Es wurde schon oben des Weiteren auseinander gesetzt, daß wir einen solchen Begriff nicht anerkennen, sondern vielmehr in dem Keime eine bestimmte Materie erkennen, die sich eben ihrer Zusammensetzung gemäß in besonderer Weise entwickeln muß. Weicht diese materielle Zusammensetzung primitiv in irgend einem Punkte ab, oder wird durch irgend einen Zufall dieselbe später gestört, so erhalten wir eben als Resultat dieser materiellen Störungen die Mißbildung im weitesten Sinne des Wortes. Auch hier bekennen wir offen, daß unserer Ansicht nach nur der reinste, unverfälschte Materialismus zu erklecklichen Resultaten in der Wissenschaft führen kann.

Neunundzwanzigster Brief.

Der Umlauf des Lebens.

Die Entwicklung des Menschen ist bei weitem noch nicht mit dem Augenblicke abgeschlossen, in welchem er durch die Trennung vom mütterlichen Organismus ein selbstständiges Leben beginnt. Dieß Leben selbst hat einen bestimmten Cyclus von Erscheinungen, welche es durchläuft; seine Funktionen wechseln je nach dem Alter des Organismus. Wir haben bis jetzt, außer der embryonalen Entwicklung, die Funktionen des menschlichen Organismus hauptsächlich nur in Beziehung zu dem reifen Lebensalter kennen gelernt, und es liegt uns nun zum Schlusse dieser ganzen Abhandlung noch ob, zu zeigen, wie der Organismus allmählig sich zu der Höhe seiner Funktionen erhebt, auf derselben eine längere Zeit stehen bleibt, und dann wieder durch allmählige Abnahme derselben der Vernichtung, dem Tode entgegeneilt.

Während des Säuglingsalters ist das Kind hauptsächlich auf Ernährung durch den mütterlichen Organismus angewiesen. Die Milch ist überhaupt ihrer Zusammensetzung nach das wahre Ideal eines Nahrungsmittels. So wie das Blut gleichsam den aufgelösten Organismus darstellt, so könnte man die Milch als eine Auflösung des typischen Nahrungsmittels betrachten. Die Milch einer jeden Thiergattung zeigt in ihrer Zusammensetzung eine eigenthümliche Proportion der einzelnen bildenden Bestandtheile; allein alle Milcharten ohne Ausnahme kommen darin überein, daß sie Fett, Zucker, eine Proteinsubstanz, phosphorsaure und andere Salze enthalten, die nur in

ihren Verhältnissen wechseln. Wir sehen also, daß die Milch an und für sich allen Anforderungen genügt, welche wir an die in späterer Zeit zu genießenden zusammengesetzten Nahrungsmittel nur machen können. Die fettartigen Bestandtheile sind durch die Butter repräsentirt, welche in Form kleiner Kügelchen in der Milch aufgeschwemmt ist und durch ihre leichte Schmelzbarkeit äußerst leicht in den Organismus übergeführt werden kann. Der Käsestoff, die einzige Proteinsubstanz, welche in der Milch sich befindet, ist zugleich die löslichste von allen Proteinsubstanzen; der Milchzucker diejenige Zuckerart, welche am schwierigsten in Gährung und Zersetzung übergeht. So findet denn der Säugling in der ihm gebotenen Muttermilch allen nöthigen Stoff zur Ernährung seiner Organe, zum Aufbau seiner Muskeln und seines Fettes und in den aufgelösten Salzen den phosphorsauren Kalk, den er zur Ausbildung seiner Knochensubstanz nöthig hat.

Unter dem Einflusse dieser Ernährung gewöhnt sich der Säugling allmählig an das selbstständige Leben, während zugleich die einzelnen Funktionen sich stärker heranbilden und festsetzen. Die Athmung, welche im Anfange nur noch sehr unvollständig statt hatte, kräftigt sich allmählig, und mit dieser Kräftigung hält die Entwicklung der Eigenwärme gleichen Schritt. Anfangs, wo noch das eirunde Loch und der Botallische Gang offen sind, kann die Athmung längere Zeit ausgesetzt bleiben, während später, wenn diese Communikationsöffnungen sich geschlossen haben, das Athembedürfniß in höherem Grad sich zeigt. Deßhalb können auch Kinder, welche scheintodt geboren werden, oft nach stundenlanger Aufhebung des Athemprocesses wieder in's Leben gerufen werden. Das Bedürfniß nach äußerer Erhaltung der Wärme ist bei dieser geringeren Ausbildung der Athmung weit größer als in späteren Zeiten, weßhalb denn auch wärmere Bedeckung ein nothwendiges Bedürfniß für den Säugling ist. Indessen bilden sich verhältnißmäßig die vegetativen Funktionen weit schneller und kräftiger hervor, als diejenigen, welche dem Centralnervensysteme untergeordnet sind.

Man findet die Erklärung dieses Verhältnisses leicht in der verhältnißmäßig geringeren Ausbildung der Gehirnsubstanz. Diese ist noch weit flüssiger und breiiger als in späteren Zeiten; die Unterschiede zwischen grauer und weißer Substanz, die Eigenthümlichkeiten der mikroskopischen Elementarbestandtheile bilden sich erst während des Säuglingsalters bestimmter hervor. Die Gewölbtheile namentlich sind bei der Geburt und bei dem Kinde verhältnißmäßig weit weniger entwickelt als der Hirnstamm, uud daraus erklärt sich auch, daß im Anfange die Seelenthätigkeiten weit hinter den spezielleren Funktionen des Hirnstammes zurückstehen. So bestehen die ersten Bewegungen des Säuglings hauptsächlich auf Reflexbewegungen, denen anfangs sogar die bestimmte Combination abgeht. Wir sehen auf bestimmte schmerzhafte Empfindungen auch bei dem Säuglinge Zusammenziehungen der Muskeln, dem Gesetze der Reflexion gemäß, erfolgen. Anfänglich sind diese Bewegungen aber nicht in der zweckmäßigen Weise combinirt, wie es nöthig ist, um die schmerzende Ursache entfernen zu können. Aus dieser mangelnden Combination, die, wie wir in den Briefen über das Nervensystem gesehen haben, hauptsächlich ein Resultat der öfteren Uebung ist, entspringt denn auch für den Säugling die Unmöglichkeit, sich auf seinen Gliedern aufrecht zu erhalten, und für das Kind der schwankende und unsichere Gang. Man hat diese Verhältnisse einzig aus der ursprünglichen Schwäche der Muskeln und aus der mangelnden Festigkeit des Knochengerüstes herleiten wollen, allein sicher mit Unrecht. Der Säugling umfaßt den Finger, den man ihm in die Hand steckt, mit ziemlicher Kraft und übt einen Druck aus, der hinlänglich beweist, daß die Muskeln schon eine bedeutende Stärke besitzen und daß die Grundlagen des Skelettes eine gehörige Kraftentwicklung ertragen können. Nichts destoweniger kann der Säugling nicht mit Bestimmtheit nach einem dargebotenen Gegenstande greifen, indem die zu einer solchen Bewegung nöthige Combination der einzelnen Muskelzusammenziehungen ihm unmöglich ist. Der Säugling greift deßhalb nach einem Gegenstande, er stellt sich zum Gehen oder Kriechen etwa

in der Art, wie ein mit Krämpfen behaftetes Individuum, bei welchem die Muskeln zwar dem Willen gehorchen, aber bald zu wenig, bald zu viel thun und dadurch die Zweckmäßigkeit der Combination aufheben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit noch gar manchen combinirten Bewegungen, welche der Säugling erst nach und nach erlernt. So kann er z. B. die Augen nach allen Richtungen hin bewegen, während ihm die Fähigkeit fehlt, dieselben auf einen bestimmten Punkt zu richten, oder mit andern Worten, nach einer gewissen Richtung hin zu blicken.

Mit der noch sehr unentwickelten Seelenthätigkeit hängt die Stumpfheit der Sinneseindrücke namentlich zusammen. Der Säugling verhält sich hier etwa wie ein Thier, dem man durch Wegnahme der großen Hemisphären die Summe der höheren Gehirnfunktionen verringert oder gänzlich gestrichen hat. Daß die peripherischen Sinnesnerven wirklich die Eindrücke der Außenwelt aufnehmen, das beweisen die Reflexionsbewegungen, welche diesen Eindrücken auch bei dem Säuglinge folgen, wie namentlich das Schließen der Augenlieder bei grellem Lichte, die Empfindlichkeit der Iris u. s. w. Dagegen gelangen diese Eindrücke nicht zur bewußten Auffassung, weil eben das Organ dieser Auffassung, die Hemisphären des großen Gehirnes noch nicht vollständig entwickelt sind. Mit der allmähligen Entwicklung der Hemisphären bilden sich denn auch aus der ursprünglichen Stumpfheit allmählig die verschiedenen Seelenthätigkeiten hervor. Die Sinneseindrücke werden nun bewußt empfunden, zu einem Ganzen combinirt und dem Gedächtnisse eingeprägt, die Bewegungen werden ebenfalls bewußt combinirt und nicht nur ihr Eintritt, sondern auch ihr Maß dem Willen untergeordnet, woraus denn ihre Zweckmäßigkeit sich hervorbildet. Alle diese allmähligen Veränderungen stehen in dem genauesten Wechselverhältnisse mit der fortschreitenden inneren Entwicklung des Gehirnes.

In dem Säuglinge schon zeigen sich die Spuren mancher, sowohl körperlicher als geistiger Anlagen (wie denn diese beiden stets Hand in Hand gehen), die sich erst in späterer Zeit

vollständiger und kenntlicher entwickeln. Dieselbe Erscheinung tritt uns hier vor die Augen, welche wir schon in dem Keime verfolgten; wir sehen von Anfang an individuelle Eigenthümlichkeiten durchleuchten, welche durch die Zeugung und Entstehung in den Keim gelegt und von diesem ausgebildet wurden, bis sie im Säuglings- oder Kindesalter hervortreten. So wie die Familienähnlichkeit in dem runden Kindergesichte, an welchem alle vorspringenden Ecken und Leisten weggewischt, alle Züge unter einer schwellenden Fettlage verdeckt sind, erst nach und nach sich ausbildet und materiell kund gibt, so sehen wir auch in den geistigen Fähigkeiten gewisse Familienähnlichkeiten nach und nach auftauchen, die einen wesentlichen Theil der individuellen Eigenthümlichkeiten ausmachen. Der aufmerksame Beobachter findet schon die Keime dieser Eigenthümlichkeiten bei dem Säuglinge; Mütter von mehreren Kindern wissen sehr wohl, wie das eine von Anfang an leicht reizbar sich zeigte, beständig schrie und weinte, unruhig schlief, ohne krank zu seyn, ungemessene Zuneigung zu diesen, unbesiegbare Antipathie gegen jene Personen zeigte, wie derselbe Säugling im Kindesalter wechselnder in seinen Launen war, als die Wetterfahne auf dem Dache, in derselben Minute zehnerlei Anderes wollte, schnell auffaßte und eben so schnell vergaß, in der Schule hundert Allotria trieb und das Kreuz seiner Lehrer wurde, die ihn langweilten; während der Bruder als Säugling schon den ganzen Tag schlief oder nur aus Hunger plärrte, sich gleich wohl in den Armen eines jeden Freundes befand, als Kind langsam auffaßte und schwer begriff, aber auch das gehörige Sitzfleisch von der Natur mitbekommen hatte, um dieser langsamen Auffassungsgabe ein Gegengewicht zu geben.

Man wird vielleicht fragen, wie bei diesen ursprünglichen Anlagen und der selbstständigen Ausbildung der materiellen Substrate der Geistesfunktionen sich ein Einfluß der Erziehung denken lassen könne, während doch die Erfahrung einen solchen unwiderleglich nachweise. Wir läugnen denselben auch nicht, ob wir gleich der Ansicht sind, daß er weit beschränkter sey, als man

sich gewöhnlich einbildet, und daß namentlich die sogenannte Pädagogik oder Erziehungskunst der Schulmeister und Lehrer nur höchst geringen Einfluß auf die körperliche wie geistige Entwicklung des Menschen von jeher geübt hat. Der Mensch ist vor allen anderen ein geselliges Thier, darauf angewiesen, in größeren Gemeinschaften zu leben und in dem Kindesalter durch den Trieb der Nachahmung sich zu dieser Geselligkeit heranzubilden. Deßhalb sehen wir das Kind allmählig nicht nur die äußeren Gewohnheiten, sondern auch die geistigen Gewohnheiten des Kreises annehmen, in welchem es sich befindet; — es gewöhnt sich an denselben Ideengang, dieselbe Art von Schlußfolgen, dieselbe Anschauungsweise sämmtlicher Dinge, wie diejenigen sie besitzen, nach welchen es sich modelt. Diese Annahme von Andern wird freilich sehr modificirt durch die ursprünglichen Anlagen des Kindes. Je mehr diese den Gewohnheiten des Kreises, in welchen das Kind lebt, entsprechen, desto leichter wird es sich dieselben aneignen, indem schon die natürliche Entwicklung der Anlagen zu dieser Annahme hinleitet; im entgegengesetzten Falle wird es in seiner Entwicklung gehemmt werden, sobald die Gewohnheiten und Ansichten der Umgebung seinen Anlagen zu schroff entgegen stehen. Deßhalb ist das Aufwachsen in der Familie selbst, in der Gesellschaft der Erzeuger, ein so wesentliches Erforderniß zur normalen Entwicklung des Kindes, zur gehörigen Ausbildung derjenigen Anlagen, welche ihm durch die Zeugung von Vater und Mutter eingepflanzt wurden. Aus demselben Grunde aber ist auch die Abschließung in der Familie das vortrefflichste Mittel, um die einseitige Entwicklung der geistigen und körperlichen Eigenthümlichkeiten auf die Spitze zu treiben und dadurch die Rasse zu verderben. Das Leben in der engeren Familie soll die Anlagen zur Reife bringen, welche die Zeugung in das Kind legte; der Umgang mit Andern, mit Andersgesinnten soll die einseitige Entwicklung dieser Anlagen verhindern. Die Isolirung hat sich von jeher gerächt an denjenigen, welche sich dieselbe aufbürdeten, und wenn das unbestreitbare geistige Verkommen des Adels und derjenigen Familien, welche in der Gesellschaft noch

höheren Rang einnehmen, einen Grund hat, so ist es sicher dieß Verbrechen an der geselligen Natur des Menschen, welches diese bevorzugten Familien durch Isolirung ihrer Kinder im jüngeren Alter begehen.

Es ist leicht einzusehen, warum gerade der Umgang, die gewöhnliche Beschäftigung mit diesen oder jenen geistigen Thätigkeiten auch auf dieselben bildend zurückwirkt. Jedes Organ im Körper, sey es welches es wolle, kann durch Uebung gestärkt, vervollkommnet und selbst einseitig ausgebildet werden. Es steht vollkommen in unserer Gewalt einem sonst gesunden Kinde starke Beine oder starke Arme zu geben, je nachdem wir durch Uebung der Muskeln dieselben stählen. Nicht nur allseitige Ausübung der Muskelkraft, sondern auch jede einseitige Ausbildung dieses oder jenes Muskels, oder einer ganzen Reihe von Muskeln ist möglich. Dasselbe aber können wir für die inneren Organe erreichen. Wir sind im Stande durch besondere Nahrung nicht nur Fettablagerung oder Magerkeit zu bewirken, sondern auch einseitige Ausbildung einzelner Organe. Wenn auch diese Versuche nicht bei Menschen gemacht werden, so sind sie doch bei Thieren nicht ungewöhnlich, und wir wissen z. B. recht gut, wie wir eine Gans nähren müssen, um ihre Leber abnorm zu vergrößern. Das Gehirn ist von diesem Gesetze nicht ausgeschlossen; die Uebung einzelner Funktionen desselben trägt auch zur Ausbildung des materiellen Substrates bei, und so kann auch die einseitige Ausbildung bestimmter Geistesthätigkeiten sehr wohl von außen her angeregt werden. Es liegt vollkommen in unserer Macht, ein weiches Gemüth zur Schwärmerei oder zur Melancholie, einen selbstständigen Geist zum Hochmuth und zum Stolze zu leiten. Darin liegt denn auch die Macht, welche die Erziehung über die geistige Bildung ausüben kann. Ich glaube, daß man aus physiologischen Prinzipien die Möglichkeit läugnen muß, diese oder jene geistige Anlage auszurotten, da ihr materielles Substrat einmal vorhanden ist, das sich nicht wegschaffen läßt. Eben so wenig läßt sich einem Kinde, das eine platte oder aufgestülpte Nase erhalten soll, eine Adlernase anerziehen.

Wenn daher Erzieher und Schulmeister sich brüsten, daß sie den Kindern edle Gefühle einflößen könnten, so kann man solche Selbstüberschätzung nur mit einem mitleidigen Lächeln abfertigen, und wenn dieß gar während einiger Tagesstunden in der Schule, gelegentlich beim Lesen- und Schreibenlernen geschehen soll, so ist die Behauptung vollends kindisch zu nennen.

Eine wesentliche Epoche in dem kindlichen Leben ist diejenige, in welcher durch das Hervorbrechen der Zähne der werdende Mensch zu festerer Nahrung angewiesen wird, wo die Natur selbst nachweist, daß die Muttermilch nicht mehr zu dem raschen Wachsthume der Organe hinreicht. Die Gestalt der Milchzähne weist sicher darauf hin, daß das Kind wesentlich Fleischnahrung bedarf, das heißt mit anderen Worten, Proteinsubstanzen, welche zum Aufbau besonders des Muskelfleisches verwendet werden. Die Glieder des Säuglings sind verhältnißmäßig noch sehr klein und unentwickelt, besonders dem ungestalten Kopfe gegenüber, in welchem wieder der blasenförmige runde Schädel ein bedeutendes Uebergewicht zeigt. Die Tendenz der bildenden Thätigkeit im Kindesalter geht deßhalb wesentlich auf die Entwicklung der Extremitäten, die verhältnißmäßig weit mehr wachsen, als der Kopf, dessen äußerer Umfang weniger zunimmt, als sich seine inneren Theile ausbilden. Die Energie der Athemfunktion, sowie der verschiedenen Sekretionen, steht noch nicht in dem Verhältniß wie später; es werden, auch in Beziehung zu dem Körpergewichte, weniger Kohlensäure, weniger feste Stoffe in dem Urine entleert, als in dem Mannesalter, aus dem einfachen Grunde, weil Einnahme und Ausgabe nicht mit einander im Gleichgewicht stehen, sondern erstere bedeutend überwiegt und der Körper schnell an Masse und Gewicht zunimmt. Es ist deßhalb ein großer Fehler, wenn die Nahrung des Kindes und des wachsenden Jünglings so eingerichtet wird, daß mehr die Athemfunktion und die Fettproduktion begünstigt wird, als die Assimilirung von Proteinsubstanzen. Die mehligen Nahrungsmittel, welche hauptsächlich nur Stärke und Zucker dem Organismus zuführen, sind deßhalb als Basis der

Nahrung für das Kindesalter durchaus zu verwerfen und nur in solcher Menge zu geben, als dieß für die Erhaltung der Athemfunktion nöthig ist. Dagegen ist ein wesentliches Bedürfniß Zuführung von Kalk und Phosphorsäure in der Nahrung, um das Skelett gehörig ausbilden zu können, das rasch wächst und ohne diese Zufuhr seine Knochensubstanz nicht gehörig ausbilden kann. Die Sekretionen des Säuglings und Kindes, besonders der Urin, enthalten keinen phosphorsauren Kalk, wie bei dem Erwachsenen, und die unglücklichen Kinder, welche an der englischen Krankheit, der Rhachitis, leiden und den zur Knochenbildung bestimmten Kalk durch den Harn verlieren, ersetzen diesen Verlust durch Picken und Bohren an Kalkmauern, durch Verschlucken von Mörtel, wozu ein unwiderstehlicher Trieb sie verleitet.

Wenn es Aufgabe der Physiologie ist, zu erforschen, welches die Funktionen des Körpers seyen, so gehört sicher auch in den Kreis ihrer Beschäftigungen die Untersuchung der Art und Weise, wie diese Funktionen gekräftigt und namentlich im unselbstständigen Lebensalter normal eingerichtet werden können. Es erweist sich nun hier als wesentliches Bedürfniß des Kindesalters thätige Uebung der Muskelkraft in jeder Art und Beförderung der normalen Blutcirkulation, welche leicht durch den Bildungsproceß des Gehirnes, durch die Vermehrung des Athembedürfnisses eine abnorme Richtung nach Kopf und Brust nimmt. Die häufigen Hirnwassersuchten, Luftröhren- und Lungenentzündungen sind wesentlich in dieser abnormen Zuleitung des Blutes nach dem oberen Theile des Körpers zu suchen. Diese abnorme Zuleitung begünstigt man aber durch möglichst warme Bedeckung des Kopfes, Einwickeln und Einschnüren des Oberkörpers und, diesem entgegengesetzt, durch Entblößung der Beine. Man beruft sich auf die Bauernkinder, die selbst im Winter in bloßen Beinen herumlaufen und doch gesund sind. Vollkommen wahr! Allein sie laufen auch herum, und zwar im bloßen Kopfe und oft nur sehr nothdürftig am Körper bedeckt. Das stubenhockende Kindergeschlecht aber, das man englischer Mode zu Liebe einmal des Tages mit bloßen Beinen spazieren führt, das sonst sitzen

und wohlerzogen seyn muß, dem man Kopf, Brust und Hals über und über einhüllt, wie soll das sich normal entwickeln?

In geistiger Beziehung herrscht dieselbe Unvernunft, dasselbe System, das hier einschnürt und dort unbedeckt läßt. Das Kind will unterhalten, es will belehrt seyn. Aber es sind nicht Sprachformen und grammatikalische Schwierigkeiten, die seine Neugierde reizen, sondern die Gegenstände der Außenwelt, die Handlungen der Umgebungen; alle Eindrücke, welche seine Sinne treffen, möchte es sich klar machen, ihr Warum? erforschen, von Aelteren darüber Auskunft haben. An diese unmittelbaren Eindrücke seiner Sinne knüpft das Kind seine selbstständigen Produktionen, die wir Spiele der Phantasie zu nennen belieben, und worin es, seiner unzusammenhängenden Denkweise gemäß, das Erlebte, Empfundene zu nur ihm verständlichen Bildern zusammenfaßt, die uns älteren Lauschern etwa wie Träume unseres eigenen Gehirnes entgegen treten. Statt diese ursprüngliche Neugierde über natürliche Dinge zu befriedigen, statt ihr Nahrung zu geben durch vernünftige Erklärung der Gründe, welche das Kind wissen will, schlägt man diesen ursprünglichen Trieb entweder mit Sprachkeulen nieder, oder man lenkt ihn auf jämmerliche Nebenwege, die meist nur da sind, um die eigene Unwissenheit zu beschönigen. Daher denn dieser Wahnwitz die Kinder im sechsten Jahre, im fünften schon Latein anfangen zu lassen, daher dieser Unverstand, der die Naturwissenschaften nicht für bildend hält, sondern ihnen nur den Werth eines Gedächtnißkrames einräumt, den man erst so spät als möglich einpfropfen müsse. Das Kind will wissen, warum es donnert und blitzt, weßhalb das Wasser den Berg nicht hinauf fließt und aus welchem Grunde es heute regnet und morgen die Sonne scheint; statt ihm hierfür Erklärungen zu geben, sagt man: „der liebe Gott hat's gemacht" oder man weist es an seine lateinische Declination.

Der Eintritt der Mannbarkeit bezeichnet den Beginn derjenigen Periode des Lebens, in welcher das Wachsthum des Körpers aufhört, die einzelnen Funktionen sich ins Gleichgewicht

setzen und als höchste Blüthe derselben, die Zeugungsfunktion ausgeübt werden kann. Jedermann weiß, daß äußere Zeichen diesen Eintritt der Mannbarkeit angeben; bei dem männlichen Geschlechte das Hervorsprossen der Barthaare, die Erweiterung des Kehlkopfes und die daraus bewirkte Aenderung der Stimme. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese mit dem Eintritt der Geschlechtsfunktion in dem engsten Zusammenhange steht, weßhalb sie bei Castraten nicht erfolgt. Bei dem weiblichen Geschlechte ist es namentlich die Rundung des Busens, welche den Eintritt der Regeln und somit die geschlechtliche Reife ankündigt. Auffallendere äußere Zeichen dieser ersten Ausstoßung von befruchtungsfähigen Eiern fehlen bei dem weiblichen Geschlechte mehr, als bei dem männlichen, da die Stimme, wenn sie auch voller und klangreicher wird, doch nicht jene krähende Uebergangsperiode besteht, wie bei dem Manne.

Es liegt nicht in unserer Absicht, hier längere Schilderungen zu geben von der Veredlung des Geschlechtstriebes durch die Liebe, von dem Einflusse, den die Geschlechtlichkeit überhaupt auf das ganze Leben ausübt. Nicht als ob wir diese Schilderungen der Physiologie entrückt glaubten; — allein der Umfang dieser Briefe ist schon zu groß geworden, um Dinge, die einem Jeden bekannt sind, hier zu wiederholen. Wohl aber sey es uns gestattet, noch Einiges über das Greisenalter und über den Tod hier anzufügen, da man über diese Dinge weniger übereinstimmend denkt.

Jeder Organismus beschreibt einen gewissen Kreislauf von seiner ersten Entstehung bis zu seiner endlichen Vernichtung; er erreicht eine Lebenshöhe, auf welcher seine Funktionen in allgemeinem Einklange stehen, von welcher er dann wieder abwärts geht. Diese Lebenshöhe findet sich in sehr ungleichen Abschnitten der zeitlichen Dauer des Organismus überhaupt; sie hat selbst nur sehr abwechselnde Länge des Bestandes. Schmetterlinge können Jahrelang als Raupe und Puppe zubringen, um nur wenige Tage in vollkommenem Zustande zu seyn und unmittelbar nachher dem Tode zu verfallen. Hier ist also die Höhe des

Lebens ganz an das Ende desselben gerückt. Bei andern Thieren liegt sie mehr im Anfange. Wer wollte es läugnen, daß sie bei den Rankenfüßen z. B. in der Jugend liegt, wo das Thier frei umherschwimmt, mit Augen versehen ist, einen wohlgesonderten Kopf und gegliederte Bewegungsorgane hat, während das alte Thier festsitzt, keinen Kopf, keine Augen und verschrumpfte Füße besitzt? Man hat in diesem Falle, wo das Leben schnell zurücksinkt von seiner Höhe, dann aber sich in niederem Stande lange fortspinnt, von rückschreitender Metamorphose gesprochen. Jedes Thier, jeder Organismus aber hat seine rückschreitende Metamorphose, die ihn dem Tode entgegenführt und in denjenigen Thieren, welche dem Menschen am nächsten stehen, den Affen, hat man sie auf das Ueberzeugendste nachgewiesen. Bei diesen beginnt sie schon mit dem Mannesalter; — in gleichem Maße als der Kiefer länger wird, der Schädel seine runde Gestalt verliert und der ganze Kopf von der Menschenähnlichkeit, die der junge Affe besaß, herabsinkt, wird auch das Thier selbst dummer, wilder, in allen seinen geistigen Eigenschaften bornirter und unverträglicher.

Wenn hier die Höhe des Lebens schon während der Mannbarkeit vorübergeht, so ist sie dagegen bei dem Menschen mit dieser selbst verknüpft und beginnt zu sinken, sobald die geschlechtliche Funktion aufhört. Ob dieß früher oder später eintrete, ist vollkommen gleichgültig; die Zahl der Jahre macht hier Nichts zur Sache; wenn man von Thomas Parre erzählt, er habe bis in das 140ste Altersjahr seinen ehelichen Pflichten getreulich nachkommen können, so fing für diesen ganz besonders beglückten Sterblichen das Greisenalter erst nach dieser späten Zeit an. Die Ernährung sinkt während des Greisenalters allmählig; so wie sämmtliche Funktionen des Körpers nach und nach in ihrer Energie nachlassen und einer allmähligen Vernichtung entgegen gehen, so sinken auch die Geistesthätigkeiten allmählig von der Höhe der Intelligenz herab. Wenn Lichtenberg von seinem eigenen Greisenalter sagt: „Ich stecke jetzt meine ganze Thätigkeit aufs Profitchen, Kohlen sind noch da, aber keine Flamme. Wenn ich

ehedem in meinem Kopfe nach Gedanken und Einfällen fischte, so fing ich immer etwas; — jetzt kommen die Fische nicht mehr so; — sie fangen an, sich auf dem Grunde zu versteinern und ich muß sie heraushauen; zuweilen bekomme ich sie nur stückweise heraus wie die Versteinerungen von Monte Bolca und flicke dann aus den Stücken etwas zusammen." — Wenn Lichtenberg das von sich selbst sagt, so malt er damit in wenigen treffenden Zügen die Eigenthümlichkeiten des geistigen Lebens im Greisenalter. Die Zugänglichkeit von außen, wie die Produktivität von innen gehen bei dem Greise zu Grunde und nach und nach erlischt eine Fähigkeit des Geistes nach der andern, bis dem völligen Stumpfsinne der Tod ein Ende macht.

Die Ehrfurcht, welche das Alter jedem sittlich gebildeten Menschen einflößt, hat von jeher verleitet, dasselbe als die höchste Blüthezeit der Intelligenz anzusehen. Wenn man diese Blüthe im Zurücktreten der Leidenschaften, in der Unempfindlichkeit gegen äußere Eindrücke, in dem Mangel höheren Schwunges, in der Flachheit der geistigen Produktionen, in dem Widerstande gegen jeden Fortschritt sieht, so mag dem Alter wohl die Weisheit gegönnt werden, die man ihm damit zuschreibt. Der Greis schließt sich starr in seinen Ansichten und Meinungen ab; hat er in der Wissenschaft, in höheren geistigen Regionen sich beschäftigt, so ist er nicht nur nicht mehr fähig, deren Fortschritt zu fördern, sondern er faßt diesen Fortschritt auch nicht und beklagt sich, daß man zurückgehe. In der Regel versagt er mißtrauisch allem Neuen die Anerkennung; wo er aber dasselbe noch aufnimmt, da fühlt er nicht die neuen Richtungen, die sich anbahnen, da erfaßt er nicht die Veränderungen, welche in der Wissenschaft sich verbreiten und dieselbe umschaffen; — er findet im Gegentheile, daß er Alles schon seit langer Zeit wußte oder daß mit allen neuen Thatsachen keine neue Richtung angebahnt werde, sondern das Ganze im alten Geleise bleiben müsse. Was die geistige Produktionskraft betrifft, so kann man ohne Unrecht behaupten, daß die sämmtlichen Produktionen von Greisen vernichtet werden könnten, ohne den mindesten

Schaden für Wissenschaften und Künste im weitesten Sinne des Wortes.

Der nothwendige Tod macht dieser rückschreitenden Metamorphose des Körpers und seiner geistigen Funktionen ein Ende. Nicht ein besonderer krankhafter Zustand bedingt ihn, sondern eine gleichmäßige Abnahme der Lebensenergie aller Organe, die freilich meist in diesem oder jenem speciellen Organe eine tödtende Krankheit hervorruft.

Bis dahin begleitet die Physiologie den Organismus, mit der Vernichtung desselben hört auch sie auf.

BIBLIOTECA NAZ. ROMA VITTORIO EMANUELE

MAG 2004 SCB